المكتبة الثقافية
١٠٧

القنبلة النافعة

الدكتور محمد فتحي عبد الوهاب

وزارة
الثقافة والإرشاد القومي
المؤسسة
المصرية
العامة
للتأليف والترجمة
والطباعة والنشر

١٥ أبريل ١٩٦٤

٧

المكتبة الثقافية

- أول مجموعة من نوعها تحقق اشتراكية الثقافة
- تيسر لكل قارئ أن يقيم في بيته مكتبة جامعة تحوى جميع ألوان المعرفة بأقلام أساتذة ومتخصصين وبقرشين لكل كتاب
- تصدر مرتين كل شهر في أوله وفي منتصفه

الكتاب القادم

الأحجار الكريمة

في الفن والتاريخ

الدكتور عبد الرحمن زكى

اول مايو ١٩٦٤

الثمن ٢ ص

دار القلم بالقاهرة

المكتبة الثقافية
١٠٧

القنبلة النافعة

الدكتور محمد فتحي عبد الوهاب

وزارة
الثقافة والإرشاد القومي
المؤسسة
المصرية
العامة
للتأليف والترجمة
والطباعة والنشر

١٥ ابريل ١٩٦٤

توزيع
دار القلم
١٨ شارع سوق التوفيقية بالقاهرة
ت ٥٥٠٣٢ — ٧٧٧٤١

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

عندما اشتدت وطأة الحرب العالمية الثانية نشطت دراسات كيميائية وفيزيائية كان لاستمرارها الأثر الكبير فى اختراع القنبلة الذرية الأولى ويرجع سر معرفة هذا الكشف لتجارب فئة قليلة من العلماء الألمان وعلى رأسهم العالمان الكبيران أوتوهان وشتراوس . ولكن ليت هذا الكشف الكبير وقف عند حد المعادلات الرياضية أو التجارب المعملية الأولية فما أن أعلن هذا الكشف الجديد حتى احتُكر العلماء وسُخروا فى إنتاج القنبلة الذرية وشدّ الأمريكان سواعدهم عقب الحرب مباشرة ومن بعدهم الروس وقامت تجارب خارج المعمل فى مدن اليابان فى البحر واليابس ولا يخفى على القارئ ما حدث فى هيروشيما وناجازاكى وبكين وما جرته تلك التفجيرات من ضرر بالغ على الإنسانية البريئة ولقد قاسى اليابانيون من هذه المآسى ما قاسوا من موت وحرق وظهور جيل مشوه تماماً وإنتاج أجيال من المشوهين لا تزال ترى حتى الآن أثر القذائف

فى خلقتهم وتكوينهم . وعرف لذلك الجزء من التجارب أثران أهمهما الأثر المباشر السريع وهو الموت والحرق والدمار فى مناطق التفجيرات وآخر بطىء فى المناطق البعيدة عن التفجيرات لا يزال يسرى حتى الآن ولا يعلم عالم الآن منتهاه ولا يمكن التكهن بما يجلبه على الإنسانية من وبال .

ثم كان من عامين ما قامت به فرنسا الغاشمة فى صحراء أفريقيا من تجارب بدائية وإن كانت ضعيفة الأثر ومتأخرة بالنسبة لما سبقها من قذائف إلا أنها من أنواع الوبال المحقق على الأرض الطيبة المسالمة ومن ثم لم يقف للسياسيين ومحبى السيطرة مطمع إلا أن يسيطروا بقوة هذا السلاح الفتاك ويطوروه فى شتى مراحله فأقاموا فى دولهم ميزانيات خاصة للحرب الذرية وأنفقوا الكثير من قوت شعبهم وجهده فى إنتاج أسلحة الدمار وتفتقت الأذهان فأنتجت القنبلة الهيدروجينية التى فاق دمارها دمار القنبلة الذرية أضعاف المرات ، وامتد أذاها لحد أوجد التهديد والوعيد بين المعسكرين الشرقى والغربى . كل يتباهى بما أنتج وجرب فوق الأرض أو تحت الماء ، وليت الأمر يقف عند هذا الحد فقد ظهرت فى السنوات الأخيرة الصواريخ الموجهة تحمل فى رؤوسها القنابل الذرية ، كذلك استخدم فى إرسالها

إلى الهدف المرسوم الوقود الذرى . وتصارع الناس بعد ذلك واستهواهم حب الأذى فأنتجوا قنبلة النيوترون وهى أقوى ما أنتج وسميت كذلك « قنبلة الموت » أو « أشعة الموت » وهذه الأخيرة أشد الأسلحة الذرية فتكا بما ترسله من جُسيمات بالغة الأذى بالغة التأثير .

لكن إرادة الله وقوته وهبتنا حب الخير وسخرتنا له ، وكره الشر والبعد عنه ، فكانت فكرة الاستفادة بالطاقة الذرية فى السلام وظهر من بين هذا الضباب شمس ساطعة تعلن فكرة « القنبلة النافعة » أو « قنبلة الكوبلت » ولم تكن هذه القنبلة فى تركيبها ولا تكاليفها على درجة معقدة كتلك التى سبقت فى قنابل الشر والدمار ، ذلك أن الخير دائماً سهل ميسور وطريقه ممهد غير وعر ولا كدر — رغم أن الفائدة التى تعود على الإنسانية من هذه القنبلة عالية ومجزية وصيانتها ونفقات تشغيلها زهيدة إن قورنت بنفقات تجربة واحدة من تجارب الدمار فإنا نستخدم هذه القنبلة بصفة دائمة وأثرها طيب إن أحسن استخدامها وروعى فيها العمل السلمى .

عند هذا لمس العلماء آثار الذرة فى السلام واستهواهم أثرها فى الصناعة والزراعة والطب والبحوث العلمية . ونحن نريد من علماء

الذرة وساستها أن يسخروها فى هذا النطاق ولا نريدهم أن يسلطوها فى إثارة الرعب والمخاوف والتهديدات التى نطالب اليوم بتحريمها فى كل مجمع أو محفل أو مؤتمر دولى. ولقد وقفت دول الحيـاد الإيجابى موقفاً واضحاً إزاء هذا النوع من الاستخدامات ، فنادت فى مؤتمرات جنيف وغيرها بمنع الأسلحة الذرية وكان لرأيها الشأن الكبير. كذلك أنشأت الوكالة الدولية للطاقة الذرية بفيينا وأول شأن من شئونها هو استخدام الطاقة الذرية فى السلام ونشر الوعى الذرى بين الأمم المختلفة ، عن طريق تبادل الخبراء وإقامة البرامج التدريبية فى هذا المضمار . وآخر ماقررته هذه الوكالة إنشاء مركز إقليمى تدريبى فى الشرق الأوسط مقره القاهرة يشرف على تدريب الأطباء والزراعيين والعلماء والمهندسين لاستخدام الذرة فى الأغراض السلمية .

ولقد كانت جمهوريتنا الفتية فى الرعيل الأول من الدول التى أعتنت بهذا الاتجاه وبدأت بإنشاء مركز للعلاج بالذرة عام ١٩٥٥ ، تطور هذا المركز حتى أصبح الآن مؤسسة الطاقة الذرية وتناولت شتى الاستخدامات الذرية فأقامت مفاعلا ذرياً وقسما لإنتاج النظائر المشعة وأقساما أخرى لتتبع الجديد فى هذا المضمار والمساهمة فيه .

ولقد أدركت حكومتنا الناهضة مدى فائدة تسخير الدولة للذرة فى السلام فدربت الخبراء وأقامت مراكز عدة للعلاج بالذرة فى كل المستشفيات الجامعية والكليات العملية وأمدتها بكل حديث من الأجهزة ولم تبخل عليها بنفقات أو خبراء وأحدث ما أقامت مؤسسة الطاقة الذرية وحدتى الكوبلت إحداها للعلاج فى كبرى مستشفيات القاهرة وهو مستشفى المنيل الجامعى ذلك أنه مورد هام لمرضى تعددت أنواع أمراضهم ووجبت المبادرة بعلاجهم .

ولقد بدأ العمل فى هذه الوحدة وهى المسماة بوحدة الكوبلت المشع تحت إشراف من المؤسسة والجامعة ومدها المسئولون بالعلماء والفنيين والأطباء وتدرب كثير من هؤلاء على تشغيلها واختيار الحالات التى يصح علاجها بالاشعاع .

ولم يقف نشاط الدولة على إنشاء مركز واحد من هذا النوع فهى تبغى الإكثار منه فى العلاج وتمكين الأطباء فى كل شبر من أرض الوطن من الاستفادة بهذا النوع من العلاج الحديث . والدولة فى سبيل تعميم هذه الوحدات فى جميع المستشفيات الجامعية فى القاهرة والإسكندرية وكل عواصم المحافظات المختلفة .

أما الوحدة الثانية التى أنشئت حديثاً فهى للبحوث البيولوجية والزراعيـة والحيوانية لإنتاج طفرات وسلالات من النبات والحيوان أفضل ، وكذلك لكشف الطريق فى العلم الحديث أو استكمال صُورة من صور البحوث يصعب حلها بالطرق الأولية .

ولقد أقيمت هذه الوحدة للكوبلت المشع فى أرض المؤسسة بإنشاص وعلا شأن استخدامها وتعددت سبله فأنشىء لها حقل خاص بالقرب من موضعها ليسهل على الباحث إجراء تجاربه . كما أنها بنيت وجهزت على أحدث طراز بأيد عربية صميمة على أسس علمية ووقائية تامة .

وإن كانت بدايتنا فى هذا المضمار من الدراسات التطبيقية لا تزال قريبة وحديثة شأن كل الدول النامية فإنا نرجو الله تعالى أن يوفقنا فى هذا المضمار حتى نضارع غيرنا من الدول التى سبقتنا بل ونفوقها بقوة إيماننا واستمرار جهودنا .

وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون »

الكوبلت

وجوده :

توجد الكوبلت فى الطبيعة على صورة غير مشعة فى كتانجا بالكونجو وفى كندا فى إقليم أونتاريو ، ويوجد بقلة فى شمال ألمانيا ، على أن أغنى الدول ملكا لهذا المعدن هى الكونغو ، ولكن رغم أن هذه الدولة غنية بالمعدن لكنها لم توجه لاستغلاله فى النواحى الاشعاعية فقد احتلها البلجيكيون حقبة من الزمن منعوا فيها أهلها عن خيرات أرضهم ، وهى فى سبيل التحرر الآن نرجو لها الهدوء والاستفادة بما وهبتها الطبيعة من يورانيوم ومعادن أخرى نفيسه . على أن صناعة وحدات الكوبلت قد تقدمت جداً فى كندا وخاصة فى تشوك ريفر ، ولقد استغل الكنديون ماعندهم فى الإنتاج التجارى للوحدات الذرية وقام قسم خاص لذلك فى مؤسسة الطاقة الذرية الكندية سَمَّوْه قسم إنتاج الكوبلت المشع الاقتصادى وعنصر الكوبلت لايوجد فى الطبيعة نقياً بل يختلط مع شوائب أخرى من النحاس

والنيكل والكبريت والزرنيخ والقصدير وتوجد كل هذه العناصر على هيئة أملاح غير ذائبة لابد للمنتج أن يخلصها منه على هيئة معدن نقي وتتلخص طريقة نقاوته بتحويله إلى كبريتيد ثم إلى كبريتات ثم إلى هيدروكسيد الكوبلت بمعاملة الأملاح السابقة بالصودا الكاوية في وجـود الأوكسجين ثم إذابة الإيدروكسيد في حامض الإيدروكلوريك الساخن أو الكبريتيك المركز فيتحول الكوبلت في خامه إلى أوكيسد الكوبلت ويرمز له بالرمز كو$_{٢}$ا$_{٣}$ كما يرمز للكوبلت كيميائياً « كو » ولتحرير الكوبلت نقياً من أكسيده يكتفى بتسخينه مع الفحم « الكربون » فيتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون ويبقى الكوبلت نقياً في الأواني التي استخدمت في العمليات السابقة . وتتلخص هذه المعاملات فيما يسمى معادلة كيميائية

$$\text{٢ كو}_{٢}\text{ا}_{٣} + \text{٣ك} \rightleftharpoons \text{٣ك ا}_{٢} + \text{٤ كو}$$

خواصه :

الكوبلت معدن رمادى اللون يشبه الحديد الصلب كثيراً في شكله لكنه أشد لمعاناً منه ويتميز بخواص مغناطيسية عالية .

يتأثر بدرجات الحرارة العاليـة فينصهر عند درجة ١٤٩٠ م° ويغلى عند درجة ٢٩٠٠م° وله كثافة عالية تصل إلى ٨ر٩ لذلك فهو معدن ثقيل يشبه النيكل كثيراً فى خواصه الكيميائية فلا يتأثر بالرطوبة التى يتعرض لها فى الجو ولا يتأثر بالأحماض غير المؤكسدة إلا بدرجة طفيفة لكنه يذوب كلية فى الأحماض المؤكسدة — وأملاح الكوبلت إما ثنائية التكافؤ أو ثلاثية ولكن يدخل الكوبلت فى مركبات قليلة على هيئة عنصر رباعى التكافؤ ومثال ذلك كوبلتات الباريوم الرباعية .

استعمالات غير المشعة :

قبل معرفة الكوبلت المشع كان هنـاك استعمالات قليلة للكوبلت فقد استخدم فى تلوين الزجاج والخزف عند صناعتهما وعرف زجاج الكوبلت بالزجاج الأزرق . واستخدم أيضاً فى صناعة اطراف الأسلحة والآلات الحادة والخناجر الثمينة . ضمن مخلوط مكون من ٥٠٪ كوبلت ٣٠ — ٤٠٪ كروم ، ٨ — ٢٠٪ تنجستون وينصهر هذا المخلوط عند درجة ٦٠٠ مئوية ولايزال يستخدم حتى الآن فى هذين المضمارين .

الكوبلت غير المستقر أو المشع :

على أن الكوبلت يوجد فى الطبيعة على هيئة مستقرة غير مشعة ويعرف بالنظير الثابت أو المستقر وهو ذو وزن ذرى ٥٩ تقريباً واستقرار هذا النظير معناه أنه لا يرسل إشعاعات ولا جسيمات ذرية ولذا يبقى وزنه ثابتاً لفترة غير محدودة وهو فى هذه الصورة لا يفيد فى الاستخدامات الذرية ولابد من أن يحول إلى نظير مشع أو غير مشع ويتم تشعيع الكوبلت دون ماتغيير فى خواصه الكيميائية وذلك بوضعه فى أفران ذرية تسمى بالمفاعلات الذرية وفيها يتم إرتطام نواة الكوبلت ٥٩ المستقر بالنيوترونات الناتجة داخل الفاعل متحولا بعد وقت إلى الكوبلت المشع ويمكن تلخيص هذا القول فى معادلة نووية :

كو ٥٩ + نيوترونات ← كو ٦٠ + أشعة جيمية

(مستقر)   (مشع)

ويكتب إخصائيو الكيمياء النووية هذه المعادلة على الصورة التالية :

كو ٥٩ (ن ، ج) كو ٦٠

ولا يختلف كو ٦٠ عن كو ٥٩ فى أى شىء فى معظم مظاهره الطبيعية ولا تفاعلاته الكيمائية فكلاهما يتشابه حتى مع النظائر الأخرى للكوبلت فى كل الخواص على أن الكوبلت المشع يرسل جسيمات وإشعاعات ذرية نتكلم عنها بإفاضة فى سياق حديثنا .

على أن الإشعاعات التى يرسلها الكوبلت ليست ثابتة الشدة لكن قوتها تتناقص تدريجيا مع مرور الوقت وتصل إلى نصف قيمتها بعد مرور خمسة أعوام وثلاثة شهور وهذه الفترة ثابتة لهذا النظير وتسمى « بنصف العمر أو زمن الانتصاف » وكلما تحلل الكوبلت ٦٠ فهو يرسل إشعاعات تفيدنا فى الأغراض الطبية والزراعية والعلمية والصناعية وهى بيت القصيد فى كل ما نقص، ومرد ذلك أن هذه الاشعاعات وزمن الانتصاف فضلت هذا العنصر عن غيره فى هذه المجالات التطبيقية .

الإشعاعات التى يرسلها الكوبلت ٦٠ :

يرسل الكوبلت ٦٠ اشعاعات بائية وجيمية وتتلخص هذه الإشعاعات فى قوتها ونسبها فى الجدول رقم ١ .

جدول (١)

نوع الإشعاع	القوة بالمليون الكترون فولت	النسبة المئوية (نسبية)
جسيمات بائية	٠٫٣٠٦	١٠٠٪
	١٫٤٨	٠٫٠١٥٪ تقريبا
إشعاعات جيمية	١٫١٧	١٠٠٪
	١٫٣٣	١٠٠٪

نظائر الكوبلت :

الكوبلت عنصر له رقم ذرى ٢٧ ومعنى ذلك أن ترتيبه الدورى فى جدول العناصر الدورى الذى رتبه مندليف الروسى فى الموضع السابع والعشرين وكل نظائر الكوبلت لها نفس الرقم الذرى ولكن تختلف فى وزنها الذرى وإشعاعاتها ويبلغ مجموع هذه النظائر تسعة ، ثمانية منها مشعة ودرجة استقرارها تختلف كل عن الآخر وواحد منها مستقر ولا يرسل إشعاعات وهو العنصر الثابت فى الطبيعة .

ويبين الجدول (٢) هذه النظائر وأنصاف عمرها والاشعاعات التى ترسلها .

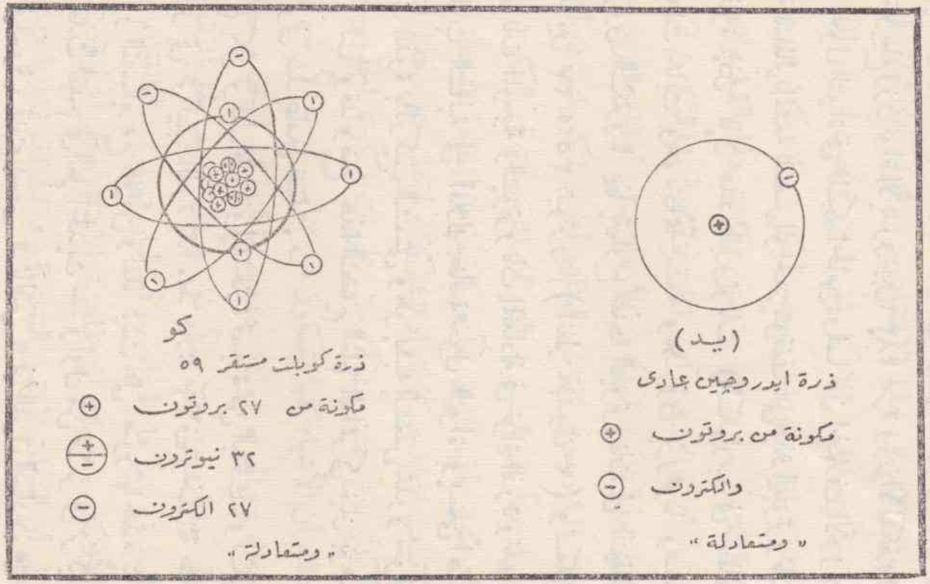
جدول « ٢ »

النظير	نصف عمره	الأشعاعات التى يرسلها
كو ٥٤	١٨, من الثانية	بائية موجبة
كو ٥٥	١٨ ساعة	بائية موجبة وجيمية
كو ٥٦	٧٧ يوما	بائية موجبة وجيمية
كو ٥٧	٢٦٧ يوما	بائية سالبة وجيمية
كو ٥٨	٧١ يوما	بائية موجبة وجيمية
كو ٥٩	مستقر ثابت	لا ترسل أجساما ولا إشعاعات
كو ٦٠	٥,٢٥ عاما	بائية سالبة وجيمية
كو ٦١	١,٦٥ ساعة	بائية سالبة وجيمية
كو ٦٢	١٤ دقيقة	بائية سالبة وجيمية

ذرة الكوبلت :

الخشب مادة والسكر مادة والحجر مادة وكل هذه المواد تتكون من عناصر وكل عنصر بدوره يتركب من ذرات — إذن فالذرة وحدة المادة وحجر تكوينها ، وعلى اختلاف المواد وتنوعها فإنها تتكون من عدد محدود من العناصر وصل حتى آخر كشف إلى ١٠٢ عنصراً وهذه العناصر هى التى رتبت فى الجدول الدورى للعناصر وبدأت بالايدروجين ثم ازدادت تعقداً كلما انتقلنا فى الجدول حتى تصل إلى العنصر ١٠١ وهو مندلغيوم بالنسبة إلى مكتشفه ومع أن ذرة الإيدروجين تتكون من نوعين فقط من الجسيمات أحدهما موجب ويسمى البروتون ويتركز فى قلبها والآخر سالب ويسمى الإلكترون أو الكهرب وهو سالب متحرك ، ولنتفهم تركيب الكوبلت لابد من رسم ذرة الإيدروجين بجوار رسم ذرة الكوبلت ذلك أنها الوحدة فى الوزن الذرى . على أن هناك نوعا من الجسيمات ثالثا يدخل فى تركيب ذرة الكوبلت ولا يوجد فى ذرة الأيدروجين العادية ويسمى نيوترونا وهو متعادل لايحمل شحنات شأن الذرة نفسها التى تعادل الكتروناتها السالبة بروتوناتها الموجبة :

رسم توضيحي للذرة



ويتركز وزن ذرة أى عنصر في مركزها وهو ما يسمى بالنواة ويبلغ وزن نواة الأيدروجين ١٨٣٦ مرة وزن الالكترون الدائر حول النواة فى فلكه الخاص، ولما كان اختلاف الأوزان الذرية للنظائر المشعة للعنصر الواحد يتوقف على عدد النيوترونات فى الذرة إذن فإن عدد البروتونات والكهارب فى نظائر الكوبلت ثابت وهو دائماً سبعة وعشرون بروتونا وسبعة وعشرون الكترونا بينما يتراوح عدد النيوترونات فى النظائر التسعة بين ٢٧ ، ٣٥ نيوترونا (انظر جدول ٢) وتكمن البروتونات الموجبة والنيوترونات المتعادلة فى نواة الذرة وتدور الكهارب السالبة فى أفلاك خاصة حول النواة ويسمى هذا التركيب للذرة بالتركيب الشمسى وهو يشبه الشمس تدور حولها الكواكب وقد وضع هذا التصميم العالم الدانمركى نيلز بوهر الذى توفى منذ عامين فقط .

ولم يكن تركيب الذرة وليد فترة قصيرة من البحث ، ولكن التفكير فى تركيب الذرة بدأ منذ ثلاثة آلاف وخمسمائة عام إذ تطور التفكير مع الزمن ولقد ثبتت على صورتها هذه بناء على أحدث تقدم فى العلم الحديث — وأول من فكر فى تركيب الذرة فيلسوف قديم يسمى « ثاليس » فى القرن السادس عشر

قبل الميلاد فقد فرض هذا الفيلسوف أن الماء هو مصدر الأشياء جميعها ولا يزال هذا الاعتقاد يعززه قول الله تعالى فى محكم آياته « وجعلنا من الماء كل شىء حى » حيث أرسل الله للناس كتابا ينطق عليهم بالحق يصلح لكل زمان ومكان « وما فرطنا فى الكتاب من شىء » ومن فكرة هذا الفيلسوف عرف الناس أن هناك شيئاً اسمه المادة يتكون منها الكون لكن ظل عمق هذا المعنى غامضا فى الأذهان حتى أواخر القرن الخامس قبل الميلاد حين افترض العالم « أنا جزا كوراس » أن اتحاد المواد معاً هو السبب فى التغيرات الموجودة فى الكون واعتبر أن اتحاد هذه المواد معاً هو السبب فى المظاهر المتعددة والمتغيرة المتسبب من حركة المواد المشتركة ولم يمض على هذا التفكير أكثر من عشر سنوات حتى ظهرت فكرة الجذور الأولية ذلك أن الأشياء كلها تتكون من عناصر أربعة الأرض والنار ، والماء ، والهواء . وكان هذا بداية التفكير فى تقسيم حالة المادة إلى صلبة وهى تمثل بالأرض وسائله ويرمز لها بالماء والحالة الغازية ورمزها بالهواء — أما النار فهى رمز الطاقة ثم تطورت الأفكار بعد ذلك إلى ظاهرة الامتلاء والفراغ وقادت الأولى إلى أن الذرات لا تقبل التجزئة وعرفت الذرة بأنها عديمة اللون

والطعم والرائحة واعتبرت الصفات التى يدركها الإنسان هى التى تظهر عندما تقلق الذرة أو تزاح فى الفراغ وقاد هذا التقدم إلى نظرية ديمقريطس فى القرن الرابع قبل الميلاد ومنطوق هذه النظرية .

« بعض أنواع المادة يتغير عندما يذاب أو يسخن إلا أن بعض العناصر تبقى دون تغيير » وتكون كل الأشياء التى تحيط بنا عند الاتحاد ذات أشكال مختلفة ولذا فإن العناصر مهما اختلفت فإنها تتكون من وحدات متناهية فى الصغر لا تقبل التجزئة وتسمى هذه الوحدات بالذرات .

وعند هذا الحد توقف التقدم تماماً فى النظرية الذرية من الناحية الفلسفية والناحية العلمية لمدة استمرت أكثر من ألفى سنة حتى ظهرت النظرية الحديثة وكان أول من فكر فى هذه النظرية الحديثة نفر من الكيمائيين أرادوا تحويل عنصر الزئبق إلى ذهب محاولين الاعتماد على تفاعلات كيميائية ، ولكن محاولاتهم كلها ذهبت أدراج الرياح حتى كان عام ١٦٢٧ وأعلن روبرت بويل العالم الإنجليزى قانون الغازات وعلاقة حجومها بضغوطها المعروف باسم « قانون بويل » ثم عرّف لافوازيه عام ١٧٤٣ عملية الاحتراق بأنها اتحاد كيميائى مع الأكسجين

وتبعه ريشتر الألمانى الذى أعلن قانون الاتحاد الكيميائى عام ١٧٩٢ وأبان أن اتحاد أى مادتين كيميائيا إنما هو اتحاد ذرات المادتين بعضها ببعض ثم وضع دالتون النظرية الذرية فى عام ١٨٠٧م وبين أن المادة تتكون من ذرات لاتقبل التصغير والانفصال وفى سنة ١٨١١م وضع أفوجادرو الحجر الأساسى للنظرية الكيميائية للذرة المعروفة باسم « فرض أفوجادرو » .

« عند ثبوت الحرارة والضغط تحوى الحجوم المتساوية من الغازات عدداً متساويا من الجزئيات » .

إلى أن كان عام ١٨١٥ حيث أعلن براوت معارضته الشديدة لنظرية دالتون وادعى أن جميع ذرات العناصر المختلفة تتكون من ذرات ايدروجين واستدل بذلك على الكربون بأنه مكون من ١٢ ذرة إيدروجين والأكسجين من ١٦ ذرة وفى نظره أن ذرة الايدروجين هى الوحدة التى تكون الذرات الأخرى لكن نظرية براوت أهملت أكثر من ١٠٠ عام ذلك أن النسبة بين وزن بعض العناصر الذرى ووزن الايدروجين لم تكن عددا صحيحاً . حتى جاء فراداى وأعلن فى أواخر القرن التاسع عشر قوانينه التى ربطت بين النظرية الذرية والنظرية الكهربية

فدخلت النظرية الذرية عصراً جديداً ثم اكتشف النشاط الذرى فى هذه الحقبة من الزمن الذى ساعد نيلز بوهر فى وضع الصورة الأولى للذرة عام ١٩١٣ .

وفى عام ١٩١٩ وضح راذرفورد الذرة على أنها تتكون من جسيمات دقيقة مشحون بعضها بالكهرباء مثل البروتينات والكهارب والبعض متعادل وهو النيوترون .

ونجح العالم الشاب أوجى بوهر نجل نلز بوهر فى شرح ظاهرة الانشطار النووى أو تفتيت النواة بعد ذلك ، وتعرف نظريته باسم الحركة الجماعية للنواة وتشبه النواة فى هذه النظرية بيضة تدار على مائدة مثلا وهى مرتكزة حول أحد طرفيها وإذا درسنا حركة السائل داخل البيضة فإننا سنجد أن السائل لا يدور مع القشرة بل يتحرك فقط فى الاتجاه الداخلى والخارجى عمودياً على القشرة ويتحرك ما بداخل النواة بنفس الطريقة ولكن سطحها مرن وله حركة دورانية أيضا .

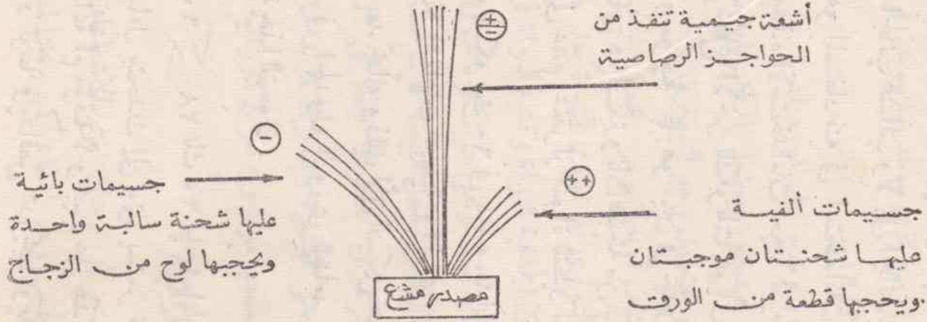
النشاط الذرى والحياة :

الكوبلت المشع له نوعان من الإشعاعات أحدهما نفاذ يسمى بالإشعاع الجيمى وهو إشعاع كهرومغناطيسى ذو شحنة

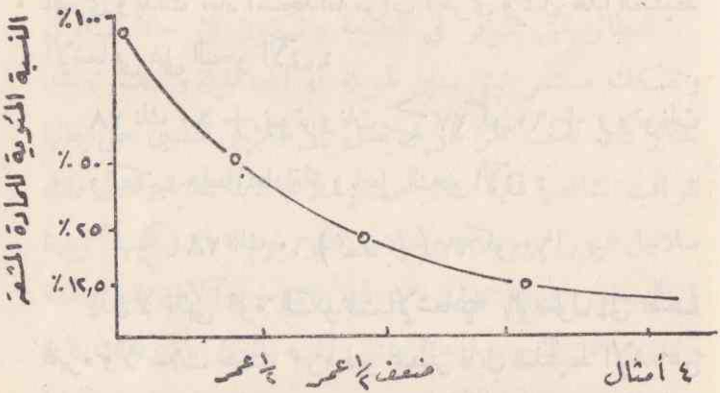
متعادلة لا يتجاوز شمالا ولا يميناً فى المجال المغناطيسى أى لاينحرف إلى الجانب السالب ولا إلى الجانب الموجب وهذا النوع من الإشعاع هو المستفاد منه فى استخدامات الكوبلت المختلفة وسنتكلم عن هذه الاستخدامات حين نعرض لها فى الجانب التطبيقى ، والإشعاع الآخر للكوبلت هو بائى ذو وزن ويحمل شحنة سالبة أو موجبة كما هو مبين فى جدول ٢ وهذا النوع من الإشعاع البائى هو الكترونات منبعثة من داخل النواة ويرجع سبب إرسالها إلى عدم استقرار النواة للنظير المشع .

ويستخدم الكوبلت ٦٠ فى بناء وحدات الكوبلت المختلفة ويتحلل مرسلا إشعاعات جيمية وأخرى بائية ويتحول إلى عنصر النيكل بعد تحلله وذلك لأن النيكل هو العنصر ٢٨ الذى يلى الكوبلت فى الجدول الدورى للعناصر — وتبين معادلة التحلل طريقة هذا التحول .

٢٧ كو ٦٠ $\gtrless$ ٢٨ نك ٦٠ + شعاعان جيميان + بائى سالب وقد يتساءل متحدث إلى متى يستمر هذا التحلل وهل هو ظاهرة دائمة أم مؤقتة ؟ ونجيب على هذا بأن التحلل يسير إلى حد محدود نوعا ويتناقص تدريجياً ويكون تناقصه سريعاً


أشعة جيمية تنفذ من
الحواجز الرصاصية
جسيمات ألفية
عليها شحنتان موجبتان
ويحجبها قطعة من الورق.
جسيمات بائية
عليها شحنة سالبة واحدة
ويحجبها لوح من الزجاج
مصدر مشع

حتى يصل إلى زمن الانتصاف بعد خمسة أعوام وثلاثة شهور ثم يبطىء فى تحلله ويسير كذلك بطيئاً لكنه لا ينتهى إلى عنصر مستقر تماما ويبين المنحنى العلاقة بين النسبة المئوية للمادة المتبقية بعد التحلل والزمن الذى يتحلل فيه النظير .



زمن الانتصاف

زمن الانتصاف :

وهنا يمكن تعريف نصف عمر النظير بأنه الوقت الذى يتم فيه تحلل نصف مجموع ذرات النظير التى كانت موجودة فعلا عند

بدء عملية التحلل ويتحلل الكوبلت ٦٠ إلى نيكل لا يفقد المشتغل الأمل فى المصدر شأن أى مصدر للقوى عند اشتغاله لكن يمكن أن يعاد تشعيع النيكل وتحويله إلى كوبلت ٦٠ مرة أخرى، وذلك بتعريضه للارتطام بالنيوترونات داخل الفاعل الذرى وبذلك يعاد استخدامه مرات أخرى ويمثل هذا التنشيط الإشعاعى على النحو الآتى :

٢٨ نك ٦٠ + نيوترونات $\rightleftarrows$ ٢٧ كو ٦٠ + بروتونات

وتكتب هذه المعادلة نوويا على النحو الآتى :

٢٨ نك ٦٠ (ن ، بر) ٢٧ كو ٦٠

إذن لا تنتهى قوة الكوبلت الإشعاعية بالوصول إلى نصف عمره ولا ضعف نصف عمره فهو عنصر قابل للتنشيط الإشعاعى بعد الانحلال أو التحلل المستمر ومن هنا كان لوحدات الكوبلت أثر اقتصادى هام لرخص القوة المنبعثة منها، على أن ظاهرة التنشيط الإشعاعى ليست من خواص العناصر الأخرى فقد اكتشف حتى الآن حوالى ١٥٠٠ نظير منها ما هو طبيعى يوجد مشعاً فى الطبيعة ومنها ما هو مشع صناعياً ومثال النظائر الموجودة على حالة مشعة فى الطبيعة سلسلة اليورانيوم والثوريوم وقد كانت

هذه النظائر هى المصدر المشع الوحيد منذ عقدين من الزمان حتى اكتشفت الأفران الذرية وأمكن بواسطتها إنتاج نظائر مشعة أستخدمت فى مجالات عدة من ضروب الحياة .

الإشعاع الطبيعى :

النظائر التى تتوفر فى الطبيعة وتكون فى حالة تكوّن وتفكك مستمر تبقى سنين طويلة أو أياما قليلة وبذلك توجد نظائر ذات نصف عمر طويل يصل إلى ملايين السنين حتى يظنها المراقب لتناقصها أنها نظائر مستقرة لأنها ثابتة للغاية ومثال ذلك سلاسل اليورانيوم ٢٣٨ وسلاسل الثوريوم ٢٣٢ وكميتها كبيرة فى الصخور ويبلغ نصف عمر اليورانيوم ٥ آلاف مليون سنة ونصف عمر الثوريوم ستة عشر ألف مليون عام ولذلك فإن معدل فقدان نشاطها الإشعاعى صغير جداً ، وللنظائر المشعة إشعاعا طبيعياً الفضل الأكبر فى إنتاج النظائر الصناعية فهى الوقود الذرى للأفران الذرية التى تمدنا بالنشاط الإشعاعى الدائم على الأرض الذى يدير الأفران الذرية ويساهم فى تنشيط العناصر الخاملة فيحولها من مستقرة إلى مشعة .

ومع هذين النظيرين توجد نظائر أخرى مشعة فى الطبيعة

لها وزن ذرى صغير تختلط فى أجسامنا أو ما نستخدمه من مواد ومثال ذلك البوتاسيوم ٤٠ المنتشر فى الحيوانات الثديية متحولا إلى الكالسيوم المستقر ومع قلة نسبته فلا يحسن إهمال وجوده حيث يتعرض الجسم لهذا الإشعاع المؤين من البوتاسيوم فإذا عرفنا أن نصف عمر هذا النظير غاية فى الكبر ويدخل فى تركيب الجسم ، إذن فهو مصدر مشع شبه دائم داخل الجسم لا يمكن إهماله .

والبوتاسيوم ٤٠ يوجد مع البوتاسيوم ٣٩ المستقر فى الطبيعة بنسبة ٠,١ فى المائة وهذا النظير يدخل فى تركيب خلايا الدم ويوجد بكثرة فى التوباك الذى لا يسلم المدخن من أذاه ويصل نصف عمر هذا النظير إلى ألف وثلاثمائة مليون من الأعوام وأمثلة النظائر الطبيعية كثيرة ومتعددة ، ولسنا بصدد سردها أو شرح خواصها هنا ولكن نكتفى بذكر الأمثلة السابقة . ومن النظائر الطبيعية ما هو قصير نصف العمر ولا يتوفر منه فى الطبيعة سوى مقادير قليلة ، ومن هذه النظائر البولونيوم ونصف عمره ١٣٨ يوما ويليه الراديوم الذى استخدم فى جراحة السرطان منذ ظهوره ويبلغ نصف عمره ١٥٨ عاماً .

على أننا لو وقفنا إلى حد معرفة هذه النظائر واكتشافها

لما فتحت أمامنا المجالات المتعددة لتطبيقات النظائر المختلفة التى نشاهدها الآن ، والتى مهدت السبيل أمامنا لنصر فى العلم يتبعه نصر. كذلك كان لابد لنا من أن تواجه مشكلة نفاذ هذه النظائر من التركيز فى استعمالها ، وهل هناك من معين لا ينضب ؟ إذن فلابد من البحث عن طريق لإنتاج هذه النظائر صناعيا حتى يتجدد هذا المصدر ولا يخشى نفاده .

الإشعاع الصناعى :

لم يكن لهذا النوع وجود قبل عام ١٩١٩ حين اكتشف رذرفورد أن النويات المستقرة يمكن تغيير استقرارها بقذفها بجسيمات ألفية سريعة ، وكانت هذه أول مرة يتحكم فيها العلماء من إحداث تفككات نووية وبذلك استطاع رذرفورد أن يبين أنه حين قذف الجسيمات الألفية (نواة الهليوم ٤) لذرات العناصر فإن بروتونا ينطلق مكونا عنصراً جديداً غير العنصر الذى بدأ قذفه بالهليوم فى أول التفاعل ومثال ذلك :

نيتروجين^{١٤} + هليوم^{٤} ← أكسجين^{١٧} + بروتون

ويمثل هذا التفاعل أمكن تحويل النيتروجين المستقر إلى أكسجين مستقر ولابد لإتمام هذا التفاعل أن يكون نشاط

الجسيمات الألفية بالقدر الذى يمكنها من التغلب على التنافر بين الشحنتين الموجبتين اللتين تحملهما ذرة الهليوم والنواة موجبة الشحنة التى يصير قذفها . ويتم ذلك بفضل تطور وسائل إحداث الجهد الكهربائى العالى خلال السنوات العشر الأخيرة إذ أصبح من الممكن الحصول على الكترونات ذات طاقة تكفى لإحداث التحولات التى تودى غالباً إلى تكوين نظائر ذات نشاط إشعاعى صناعى .

ولما كانت البروتونات والديوترونات التى تحمل فقط شحنة موجبة واحدة بالنسبة للهليوم التى تحمل ذرتها شحنتين ، قادرة على الوصول إلى النواة بطاقة أقل من طاقة الجسيمات الألفية إذن فقد كان لزاما أن يتأخر استخدام هذه الجسيمات وهى آحادية الشحنة حتى تتم وسائل توليد الجهد العالى التى تمت بنجاح عام ١٩٣٢ بفضل التجارب التى أجراها كوكروفت ودالتن وقد حقق هذان العالمان ما سبق أن فكر فيه الكيمائيون الأوائل من التمكن من تغيير عنصر إلى عنصر آخر وكانت العناصر التى حصلوا عليها دائماً عناصر ثابتة لا تشع وبذلك لم يتم الحصول على النظائر المشعة حتى اكتشفت مدام كورى وزوجها ظاهرة جديدة ذات أهمية أساسية كان لها الفضل الأكبر فى إنتاج

النظائر المشعة الجديدة ، وتم ذلك بقذف العناصر بنفس الطريقة التى اتبعها رذرفورد وشادويك ، ولكن النظائر التى أنتجاها كانت تشع جسيمات ذرية وغير ثابتة وتشبه فى كل حالاتها المواد ذات النشاط الإشعاعى الموجودة فى الطبيعة ، ولم يكن لهذا الكشف أهمية عملية فى إنتاج النظائر المشعة الصناعية ، ذلك أن المقادير التى أنتجت من جرّاء هذه التجارب كانت ضئيلة لحد لا يفيد ، ولكن مما لاشك فيه أن هذا الكشف فتح سبيلا جديدا أمام علماء الطبيعة الذرية فاستخدموا وسائل فنية أمكن بها الكشف والاستدلال عن النشاط الإشعاعى الصادر حتى من ذرة واحدة من النظير المتكون . كذلك أمكن فيما بعد تقدير هذا النشاط الإشعاعى كميا وبذا سهل إنتاج النظائر المشعة صناعياً باستعمال البروتونات والديوترونات ذات الطاقة العالية ولكن عند هذا الحد لم يمكن إنتاج نظائر مشعة على مستوى عال من النقاوة لكى تستخدم فى الأغراض الطبية العلاجية والتشخيصية أو القيام بأبحاث علمية على درجة عالية فى الدقة ، إلا عند اكتشاف توليد كميات كبيرة من هذه النيوترونات فى الأفران الذرية التى تولد الطاقة الذرية . وبهذا وصلنا إلى مرحلة ممهدة لتحضير المواد

ذات النشاط الإشعاعى الصناعى من كل عنصر تقريباً وبمدى واسع من أنصاف الأعمار، ولقد أصبح من الممكن تحضير نظائر ينبعث منها الكترونات (جسيمات بائية سالبة) وإشعاعات جيمية متعادلة مثال ذلك الكوبلت ٦٠ الذى سبق التكلم عنه وذلك بكميات وفيرة داخل المفاعلات الذرية وذلك بمجرد الحصول على مصدر غنى بالنيوترونات، وأغنى هذه المصادر وأنسبها هو اليورانيوم ٢٣٥ الذى تنشطر نواته كلما التقطت نيوترونا واحداً وتقذف بدورها بأكثر من نيوترون وبذلك تبدأ سلسلة انشطارات لو تركناها تأخذ مجراها دون تدخل أو تحكم تؤدى إلى انفجار ذرى (مثال ذلك انفجار القنبلة الذرية) ويمكن التحكم فى هذه الانشطارات وإيقافها داخل المفاعلات الذرية وذلك بأن تلتقط النيوترونات الزائدة من انشطار اليورانيوم ٢٣٥ بواسطة نظائر أخرى لليورانيوم مثال يو ٢٣٨ لتعطى بذلك موادا قابليتها للانشطار سريعة وتنطلق الطاقة الذرية بصورة يمكن التحكم فيها والاستفادة بها وقد أمكن بهذه التفاعلات إنتاج مركبات للكوبلت المشع ٦٠ نلخص أنواعها ونشاطها واستخدامها فى جدول «٣» .

« جدول ٣ »

المركب الكوبلتى	النشاط الاشعاعى النوعى	ملاحظات واستعمالات
كو	من ٢٢ إلى ..٦٠ ماليكيورى/جم	يتراوح الثمن بين ٢٠ و ١٠٠ جم
كو ٢ ا ٣	من ٢٤ إلى ١٠٦ « «	وحدات قياسية لمعامل التقنين والمعايرة
كو كل ٢	من ١ إلى ٣١٥ « سم٣	السعر يقل عن ٦ جنيهات مصرية
كو (ن ا ٣) ٢	حتى ٢٠ كيورى / جم	لا تقل قوة المصدر عن ١٠ ماليكيورى
كو كب ا٤	فى حدود ٢٠٠ ميلليكويورى	وحدات عيارية من ١٠ إلى ١٠٠ ماليكيورى
جسيمات كروية	٣٠٠ ميلليكيورى / جم	للاستخدامات الصناعية
كوبلت نفتالين	٣ « فى سم٣	« «
فيتامين ب١٢	من ٥ حتى ١٠٠ ميكروكيورى / سم٣	يستخدم فى علاج الانيميا
اسطوانة فى جسم الونيوم	من ٥٠ ميلليكيورى حتى ١٠٠ كيورى	يمكن تحضيره فى درجات نشاط أقوى
مصدر فى كبسولة الومنيوم	من ٥٠ وحتى ٢٠٠ كيورى	يستخدم مصدرا للأمراض المختلفة
اسطوانة فى جسم نيكل او ذهبى	من ٤ حتى ١٤٠ كيورى/جم	يستخدم فى علاج الأورام
قرص فى كبسولة	من ١ وإلى ٢٥ ماليكيورى/جم	للتقنين والمعايرة

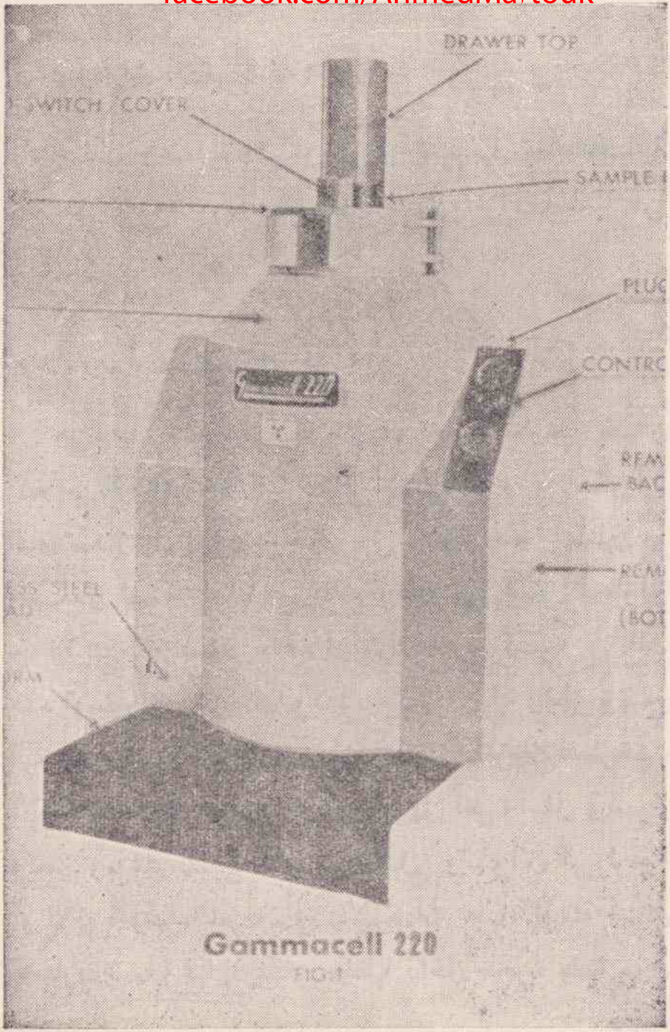
المركب الكوبلتى	النشاط الاشعاعى النوعى	ملاحظات واستعمالات
مصدر للتطبيقات الصناعية	من ١ حتى ٥٠ كورى / جم	اجهزة للحمامات واختباراتها
مصدر للتدريب	يعطى ١٠° حتى ١٠٦ عدة فى الثانية	ثمنه حوالى ١٠ جنيهات
قضيب فى كبسولة الومنيوم	٢٠٠ إلى ١٥٠٠ كورى	تستخدم فى العلاج
مصدر علاجى سلك مندمج فى سبيكة	من ١,٠ وحتى ٢٥ ميلليكيورى	تستخدم فى المعايرة
ابر كوبلت فى بلاتين	١,٠ وحتى ٥٠ ميللكيورى	تستخدم فى الأغراض العلاجية
انابيب فى بلاتين مندمجا مع ايرديوم	١,٠ وحتى ٥٠ ميلليكورى	تستخدم فى الأغراض العلاجية
خرز فى كوبلت حبات مع ذهب	فى حدود ٦٠ ميكوكيورى حتى ٥ ميلليكيورى	٣ خرزات على الأقل للتحضير سعرها حوالى ٥ جم

أنواع وحدات الكوبلت :

تختلف وحدات الكوبلت فى تصميمها تبعاً للحاجة والغرض المنشأة من أجله وهناك ثلاثة أنواع أساسية من الوحدات :

أولا : وحدة للتشعيع الداخلى :

هى مصدر مشع من الكوبلت ٦٠ محصنة خارجياً بقدر كبير من الرصاص منعاً لتسرب الإشعاعات الصادرة من الكوبلت الذى تكتنزه فى قلبها إلى الخارج حتى لا تضر بصحة العاملين بها ويتكون المصدر داخلها من أقلام رتبت على شكل أسطوانة جوفاء يستطيع المستخدم لها أن يترك ما يريد تشعيعه فى قلب هذه الأسطوانة ومحاطاً بها وكذلك بطريقة آلية وتغلق وتفتح الوحدة بواسطة أزرار دون أن يكشف الكوبلت للنظر فعند الإشتغال تتحرك المواد داخل الوحدة إلى أعلى وأسفل فى سهولة ويسر وبذلك يمكن تشعيع المحاليل والسوائل البيولوجية أو الأدوية المختلفة لمعرفة تأثير الإشعاعات عليها كذلك تجرى التجارب المعملية فيها إذ يمكن حفظها داخل حجرة عادية دون

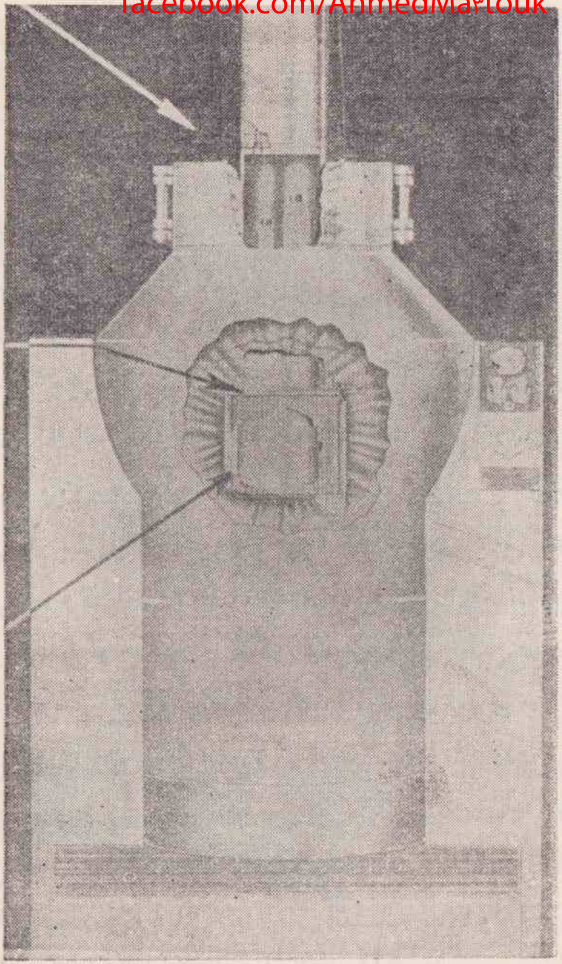


(شكل ١) صورة خارجية لخلية جاما (٢٢٠ خلية جاما)

أى خوف من ضرر الإشعاع المتسبب من تسرب الإشعاعات إلى الخارج .

ولقد أمكن إنتاج وحدات مختلفة القوة من هذا النوع وأحدثهم وأكثرهم قوة هى الوحدة (٢٢٠ خلية جاما) التى أنتجت فى تشوك ريفر بكندا :

وتعطى هذه الوحدة جرعة تصل إلى مليون رونتجن فى الساعة وهى تحوى كوبلت قوته ١١٠٠ كيورى مقسما على الأقلام المتراصة مكونة الأسطوانة الداخلية والتى تحتل عنق الوحدة ويتوسط هذه الأسطوانة قرص دائرى من الرصاص يسهل تحريكه إلى أعلى وأسفل ففى وضعه العلوى يغلق المصدر المشع تماماً ولا يتسرب منه الإشعاعات مطلقا إلى أى جانب ويفتح ما فوق العنق وهو جسم رصاصى أنبوبى له باب يفتح عند غلق المصدر توضع فيه المواد لتشعيعها عند فتح الباب العلوى ثم يغلق الباب العلوى قبل إنزال المادة المراد تعريضها ويتم ذلك برغبة الباحث ولكن لا يفتح القرص المرتكز عليه المادة إلا إذا أغلق الباب العلوى إغلاقا تاما ثم ترسل العينة آليا إلى أسفل ويمكن التحكم فى الجهاز بحيث يقف التشعيع نهائيا وترتفع العينة التى تشع آليا أيضا حين وصول الوقت المحدد للتشعيع وبتحديد

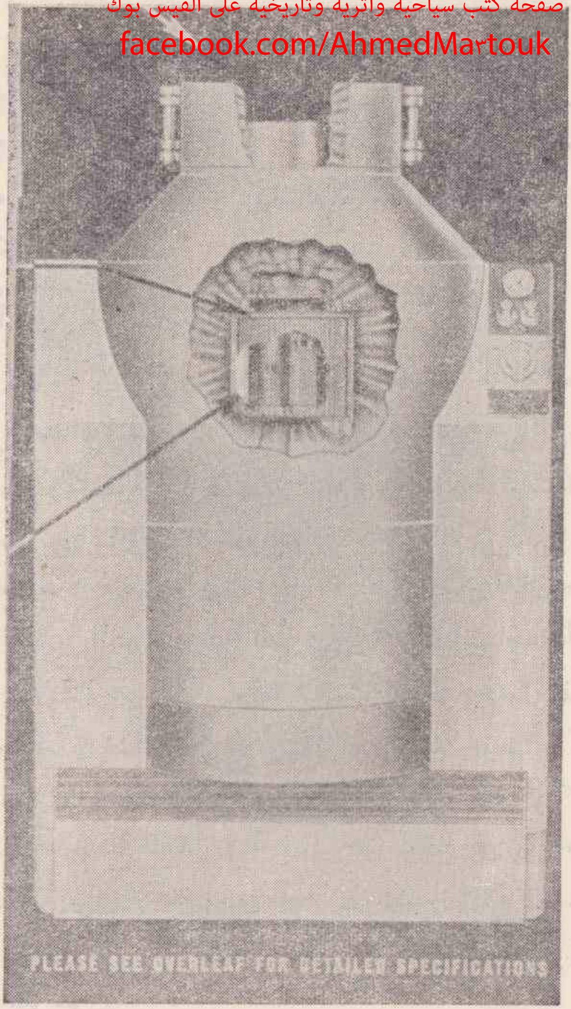


(شكل٢) صورة توضيحية أثناء وضع عينتين يراد تشعيعهما وقد فتح الباب العلوى وعلى القرص زجاجتان تحويان المحاليل التى ستشعع داخل الوحدة

الوقت يمكن معرفة الجرعة التي يتعرض لها المشعع ونعرض هنا رسمين لوحدة الكوبلت (٢٢٠ خلية جاما) فى وضعين أحدهما أثناء وضع العينة (شكل ٢) والآخر والعينة محاطة بالمصدر المشع (شكل ٣) :

ثانياً : وحدة التشعيع الخارجى :

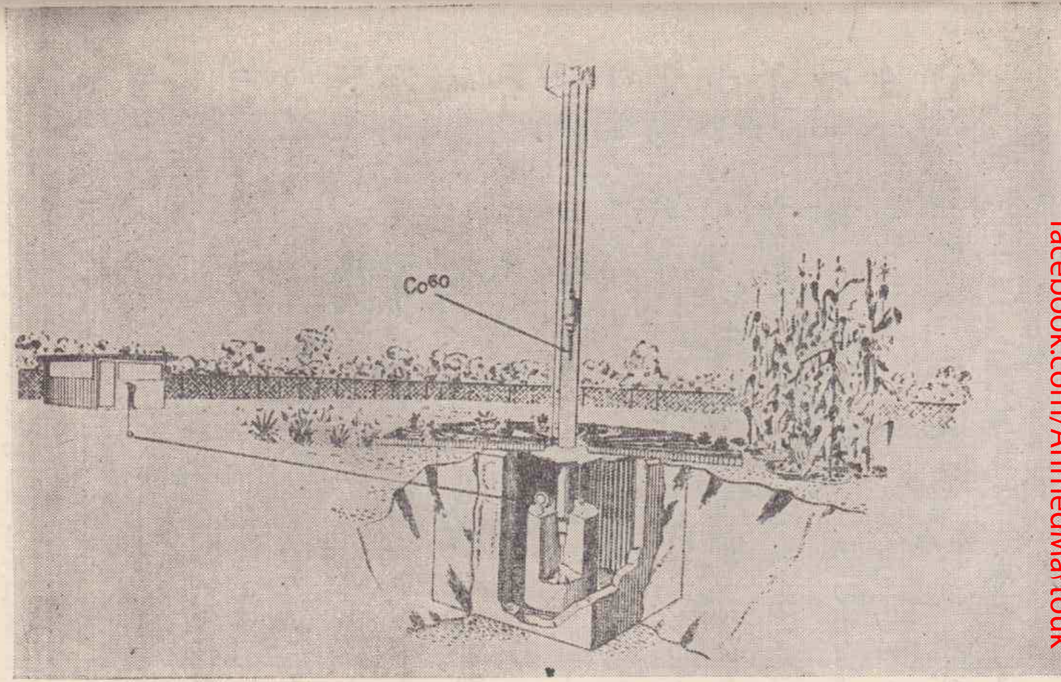
تتكون هذه الوحدة من جزءين أساسين حجرة الضبط وهى تبعد عن المصدر بمسافة كافية وتصمم حوائطها من الخرسانة المسلحة وكذلك سقفها والمصدر المشع وهو يتوسط أرضا فضاء أو حقلا زراعيا فى مسافة تكفى لأغراض التجارب ويسمى هذا بالحقل الذرى وتتراوح مسافته بين ١٠ أفدنة ومائتى فدان حسب قوة المصدر المشع ومدى التجارب التى يراد إجراؤها أثناء الزرع أو عند بذر البذور ولقد تنوعت أشكال الحقول الذرية فنها ما أقيم على شكل دائرة يتوسطها المصدر المشع ومنها ما كان على هيئة قطاع من دائرة ، نصف دائرة أو جزء صغير أو كبير فيها . وهنا يوضع المصدر فى أحد الأركان لكن فى كل هذه الأشكال لا بد من عمل وقائى تام لحفظ المصدر المشع فيه عند عدم التشغيل ومنع الإشعاعات الخارجية عن المشتغلين وإبان فترة التعريض .



(شكل ٣) رسم توضيحي أثناء تشغيل الوحدة وترى الزجاجتين السابقتين وقد أحاطتهما الاقلام المشعة فى قلب الاسطوانة وهنا أغلق الباب العلوى الذى يعلو الاسطوانة المشعة

ويتم الإجراء الوقائى بان يحفظ المصدر فى خزانة رصاصية سمكية الحوائط لا يتسرب الإشعاع خارجها إلا بقدر ضعيف جداً إذ أن سمك الرصاص لا بد وأن يسمح لجزء من الإشعاع باختراقه على أنه عند وضع المصدر فى خزانته الرصاصية يستطيع المشتغل أن يقترب من المصدر أو يسير فوقه دون خوف عليه ولا جزع من أمراض الإشعاع التى يخشى أن تصيب المتعرضين نتيجة تعرض أحدهم لجرعات من الإشعاع فوق الحد المسموح به . ويتحرك المصدر المشع من داخل خزانته إلى أعلى من أجهزة آلية توجد فى حجرة الضبط وهى تبعد عن المصدر الإشعاعى بمسافة كافية وحوائطها وسقفها وأرضها مصممة من الخرسانة السمكية تحمى من يعمل بداخلها من التعرض لخطر الإشعاع الناتج من المصدر عند تشغيله ، وكما قيل فى وحدة التشغيل الداخلى يمكن التحكم فى الجرعة بطريقة أتوماتيكية ويتم هذا بساعة إيقاف يوضع مؤشرها على وقت التجربة وكمية الجرعة المطلوبة ، وعند إتمام الجرعة يقف الجهاز تماما عن العمل .

ويتم التعريض بهذه الوحدة بان توضع البذور المراد تشعيعها فى أوعية زجاجية أو أكياس بلاستيك فى شكل دائرى أو على وتر الدائرة ويعرف بعد المصدر تماما عن مكان البذور

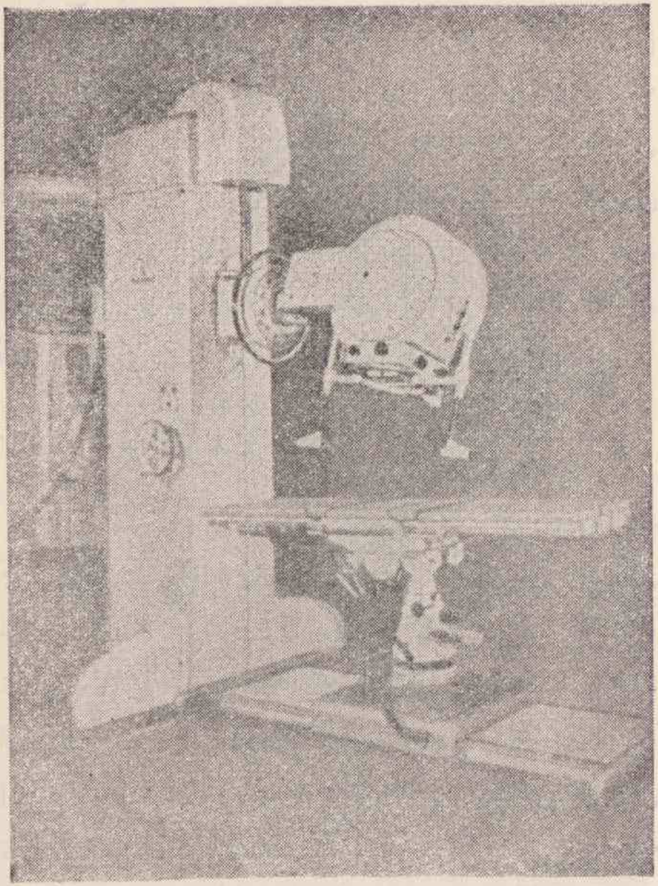


(شكل ٤) رسم لوحدة كوبلت تتوسط الحقل الذرى وتشغل من حجرة ضبط وتحيط بها نباتات تعرض أثناء زرعها وترى الخزانة الرصاصية فى أسفل المصدر

ثم يرتفع إليه المصدر ويرسل اشعاعاته فى الزمن المحسوب وقد تبدل البذور بأصص بها نباتات تامة النمو أو نباتات تزرع فى الحقل الذرى حول المصدر إن أريد تعريضها على فترات مختلفة ويقال عن التعريض الواحد ذو الجرعة العالية «بالتعريض الحاد» والتعريض المتكرر على فترات وبجرعات أصغر «بالتعريض المزمن» ومهما اختلفت طرق التعريض وجرعاته فكل يقود إلى دراسات على النبات والحيوان ذات فائدة نعرض لها فى الحديث القادم ويبين (الشكل ٤) هذه الوحدة أثناء التشغيل.

ثالثاً : وحدة الكوبلت الطبية :

سميت أول ما أنتجت بقنبلة الكوبلت ذلك أن إنتاجها كان ثورة فى العلم ، ومع الوقت غير اسمها إلى وحدة الكوبلت ، ذلك أن القنبلة الأيدروجينية سميت يوما بالقنبلة الكوبلتية لاحتواء غلافها الخارجى على عنصر الكوبلت العادى وتسميتها بوحدة الكوبلت يخفف على المريض ذلك الخوف من سماعه لاسم القنبلة المفزع ووحدة الكوبلت كرة جوفاء من الرصاص تحوى فى قلبها كمية من الكوبلت المشع تختزنه فى جوفها وتغلق بابها عليه حين لا يراد تسليط الإشعاعات على المريض وتتركب الوحدة



(شكل ٥) قنبلة الكوبلت العلاجية

كما فى شكل ٥ من سرير ينام عليه المريض وذراع على شبه قوس يستطيع التحرك فى اتجاهات عدة إلى جانب تحرك الكرة الحاملة للمصدر، فى اتجاهات دائرية مركزية وبذلك يمكن تحريك المصدر حول سرير المصاب المراد علاجه فى أى اتجاه وتحريك السرير أيضا إلى أعلى وأسفل وفى دوائر، ولهذا لا يستعصى على الطبيب تعريض أى جزء من الجسم مهما اختفى عن النظر وتشبه وحدة الكوبلت فى تركيبها وبعض استخداماتها وحدة الأشعة السينية التى يستعملها إخصائى الأشعة للتشخيص والعلاج، على أن القارىء قد يتساءل لم تستخدم هذه الوحدة فيما يستخدم فيه الأشعة السينية وما فائدة التكرار ؟ (١) تكاليف الصيانة أقل جداً. (٢) الأشعة الجامية من الكوبلت أكثر نفاذاً وأشد أثراً فى العلاج من الأشعة السينية. (٣) تكاليف الكوبلت قليلة جداً إن قورنت بجهاز الأشعة وما يستهلك من كهرباء وأغراض استخداماتها متعددة ويرجع لها الفضل الأكبر فى علاج كثير من أمراض السرطان التى لم تكن لتشفى قبل اكتشافها.

ولا توضع هذه الوحدة فى حجرة عادية شان وحدة التشعيع الداخلية فلا بد لها من بناء خاص له جدران مميكة من

الخرسانة المسلحة وسقف سميك من الخرسانة أيضاً ويتم تشغيلها عن طريق التحكم الخارجى ويبدأ المعالج بتحديد المكان المراد تشعيعه وحساب الجرعة من حيث القوة والوقت ثم يحضر المريض للعلاج وعند دخول المريض تغلق جميع أبواب الحجرة ويراقب العمل داخلها من فتحة صغيرة تغطى بالزجاج الرصاصى الذى لا يسمح لقدر كبير من الإشعاع بالمرور فيه . ويبدأ فى تسليط المصدر المشع على الجزء المصاب ويراقب الطبيب من النافذة العملية التى لا تستغرق فى العادة إلا دقائق محدودة وعند تمام الجرعة يقف الجهاز آليا ويخرج المريض وبذلك لا يخشى المشتغل ضرر استعمال هذه الأجهزة ولا يمكن تشغيلها بطريقة خاطئة وإلا أعلنت الأجراس ذلك الخطأ وتوقفت الوحدة عن العمل .

استخدامات الكوبلت

١ — إحداث طفرات فى النبات :

تعرض البذور المراد تشعيعها فى حالة جافة فى أوعية شفافة قابلة لنفاذ الأشعة وهى على هيئة متوازى المستطيلات وسمكها يسمح لتراص البذور دون حجب بعضها الآخر وقد تعرض البذور فى حالة لينة وذلك بنقعها فى صحون خاصّة على قطن مبلل ويتم قبل هذا النوع من التعرض فى أى وحدة من الوحدات الثلاثة السابق عرضها ، ثم تزرع البذور بعد التعريض مباشرة أو فى مدة قصيرة من انتهاء التعريض ، ذلك أن الحبوب المبللة فقط هى التى تتأثر بالتخزين بعد تعريضها لمدة دون زرعها وتركها يعرضها للعفن والتلف لا محالة .

وقد قام هذا النوع من البحوث فى بلاد عدة كألمانيا وأمريكا والدانمرك وهولندا وبلجيكا وحديثا فى الجمهورية العربية المتحدة لإحداث طفرات فى النبات ليس كل طفرة من نوع حسن ولكن يكفى لعالم الوراثة أن يحصل على نسبة ١٠٪ من هذه الطفرات حسناً ثم ينقل هذه الصفات الحسنة من جيل إلى أجيال

متعددة وبذلك يمكن إنتاج أنواع من الفول أو الذرة أو الشوفان أو الشعير أو القمح تعطى غلات جيدة ومحصولا أوفر وصفات غذائية أقيم من تلك التى عرضت للإشعاع. وقد يظهر هذا التأثير سريعاً فى الجيل الأول ويسمى بالتأثير الخضرى أى أنه يمكن رؤيته فى أول نبات مزروع وقبل زرع محصوله مرة ثانية وقد لا يظهر التأثير إلا فى الأجيال المتعاقبة ويسمى بذلك تأثير وراثى ويتوارثه جيل بعد جيل وتلك هى تأثيرات متأخرة.

على أن التأثير الوراثى لا يرى فى النبات بالعين المجردة لكنه يكمن فى كروموزومات الخلية فيغير تركيبها الشكلى أو تنظيمها أو محتوياتها الكيميائية ويمكن لدارس علم الأجنة أو الوراثة أن يتتبع هذه الخطوات بدراسة قطاعات متتابعة فى أى جزء من أجزاء النبات، ومثل هذا النوع من البحوث يحتاج إلى وقت طويل إلا أنه ذو قيمة علمية وتطبيقية مفيدة، وقد أجريت تجارب عدة استخدمت فيها أشعة رونتجن والأشعة الجيمية من الكوبلت والنيوترونات وجسميات بيتا والجسميات الألفية والبروتونات أو النيوترونات على نباتات الشعير والشوفان والقمح والسمسم والكتان والأرز والذرة الرفيعة والفول السودانى واللوز والبندق والتوابل والفراولة والكمثرى والصنوبر

والتفاح وجوز الهند فى مزارع بروكهافن فى الولايات المتحدة ونشرت بعض النتائج فى عام ١٩٥٦ و ١٩٥٨ ولايزال بعضها لم ينشر بعد ، وتم حتى الآن إنتاج انواع من ثمار هذه النباتات وبذورها لها صفات جديدة منها ماقاوم الأمراض كصداء القمح والشعير والذرة . والبياض الزغبى أوعطب الجذر ، ومنها ما أثبت عدم تأثره بالحشرات لتغير شكل زهوره ومنها ماتم نضجه باسرع من الوقت العادى المقرر .

وظهر ذلك بوضوح فى فول الصويا والقمح والشعير والشوفان وقد وفرت الاشعاعات الكثير فى اقتصاديات البلاد بمثل هذه المقاومة كما أنتجت أنواعا ذات محاصيل وفيرة وأنواعا جيدة مثل الفول السودانى واللوز والبندق خالية من الأمراض القشرية وأفادت كذلك فى نباتات السمسم والشعير والقمح إذ أعطت أنواعا جديدة لها قيمة غذائية كبيرة وزاد محصولها بمقدار يتراوح بين ٥ و ٥٠ ٪ .

هذا ولاتزال دراسات كثيرة ومتعددة تجرى فى كثير من الأقطار الخارجية وفى أرضنا الطيبة لتعطى نباتات محصولية ، ونتائج تلك الدراسات تحت التأكيد والاستيعاب ، على أنه مما لاشك فيه ، أن للاشعاعات أثراً طيباً فى هذا المضمار ونرجو لكل

الدول المهتمة بهذا المجال الخير الوفير ذلك أن تعداد العالم يزيد زيادة مخيفة وإلى جانب هذه الزيادة لاتستطيع الامكانيات الغذائية التى حبتنا بها الطبيعة أن توفر العناصر الكافية لهذه المخلوقات المتزايدة ، على أن عناصر الغذاء من دهون وبروتينات ونشويات وفيتامينات وأملاح يستمدها الحيوان أساساً من النبات وأن النبات يجب أن تتوافر فيه كل العناصر لبناء جسم الحيوان والإنسان وخاصة أن للنبات القدرة على تكوين أغلب المواد الأولية الأساسية مباشرة من الجو والتربة ، مثال ذلك تكوين الأحماض الأمينية والسكريات الآحادية والمعقدة وهى حجر الأساس فى بناء الأجسام . إذن فقد لانستطيع بناء أجسامنا إن توقف النبات عن الاثمار أو نضب معينه ولذا فالاهتمام به كمورد غذائى أمر واضح .

على أن الشعوب الفقيرة وغير المتحضرة تعتمد أول ماتعتمد على الحبوب كغذاء وحيد لها فالمتتبع لتاريخ الحياة وبدء ظهورها على الأرض يرى أن الإنسان أول ماعاش بدأ غذاءه على النباتات البدائية ثم الراقية ثم تعلم الصيد والقنص وصنع الآلات الحادة من الحجارة ليصطاد بها الحيوان ، على أننا لانزال فى علمنا الحديث نستخدم كل نباتات المحصولات فى أغلب غذائنا فمن

منا لا يأكل الخبز الذى يصنع من القمح ؟ وعلى العموم فإن غذاءنا اليومى لايخلو أبداً من مصدر نباتى .

على أن علم التغذية قد أثبت أن فى هذه المواد يمكن أن يجد الإنسان غذاءه ، وخشية أن ينضب هذا المصدر أو أن يقل إنتاجه لابد من عناية به فى اتساع رقعة الزرع وفى زيادة المحصول وإنتاج أنواع ثمارها جيدة ، والاشعاع الذرى أحد هذه المصادر التى من الله علينا بها لنسخرها فى طرق عدة للخير ولإسعاد البشرية .

٢ — إنتاج زهور عديدة الألوان :

إذا أراد صاحب قيلا تجميل حديقته بحث لها عن ألوان مختلفة من الزهور وذلك من نباتات الزينة المتعددة ليجمع بذلك أكبر وأعظم تشكيلة من الألوان المختلفة على سور حديقته أو داخلها أو فى ممراتها المختلفة ولقد وفر الاشعاع على هواة الزهور مشقة البحث والتنقيب عن أنواع الشتل والبذور إذ أمكن تعريض بذور قرنفل أبيض فانتجت ألوانا مختلفة منها الأحمر والبنفسجى واللافندر والأزرق ، كذلك أمكن إنتاج أكثر من لون على شجرة واحدة حملت فى أسفلها ألواناً

وفى أجزائها العلوية ألواناً أخرى . ومثل هذا التلوين حدث فى زهور البتونيا والفلوكس وبنفسجى أفريقيا ، فأنتجت بذرة واحدة زهوراً متغيرة الألوان والأشكال وذلك باستخدام جرعات إشعاعية جيمية تتراوح بين ١٥٠٠ ، ٤٠٠٠ رونتجن وبذلك أنتجت زهورا حمراء وصفراء أو زهوراً تحمل لونين سطحها الخارجى أبيض والداخلى أصفر أو بنى وازدهرت الحدائق العامة والشوارع بشجرات حدث فيها طفرات فأمكن على فروعها استنبات زهور زاهية اللون تستلفت النظر ولاعجب فى ذلك فإن للاشعاع قدرته فى تغيير ترتيب الكروموزومات داخل الخلايا فى تنظيمات متعددة تسبب تعداد الأحجام فى الزهور واختلاف الألوان واتجاه الفروع .

إذن لا يقتصر استخدام الاشعاعات على الاستخدامات الاقتصادية بل يتعداها إلى إدخال عوامل البهجة والسرور فى نفوس عامة الناس وخاصتهم .

وقد استخدمت الاشعاعات الجيمية المنبعثة من الكوبلت فى تقصير فترة نمو نباتات الزينة بعد زرعها فأمكن ظهور زهور فى غير مواعيدها وتقصير فترة الشتل والتزهير فى النباتات المتسلقة وذلك بتعريض بذورها لاشعاعات ذات جرعات صغيرة

وفى فترات متعددة ثم زرعت مباشرة بعد تشعيعها ويرجع هذا التقصير فى الانبات لاسراع العمليات الكيمائية الداخلية فى البذور بتكون أسس حرة أو تنشيط جزيئات خامدة إبان عمليات التأين والتهيج التى نذكرها فى التغيرات الحيوية المتسببة من الاشعاعات .

ويطول شرح النتائج المتعددة التى أمكن الحصول عليها فى مجال التلوين فى نباتات الزينة كوفرة الزهور وإنتاج ورود ذات رائحة زكية بتهجينها على فروع نباتات مختلفة أو على شجيرات نبات آخر وأكثر البلاد تطبيقا لهذه البحوث الولايات المتحدة فى مزارع بروكهافن الذرية . وأشهرها ماقام به ماك كيتى عام ١٩٥٦ وكزنزاك ١٩٥٧ وسميث عام ١٩٥٨ وسبادرو وبتجاتون ١٩٥٨ ، على أن أبحاثاً كثيرة تجرى الآن أكثر مما كانت عليه فى السنوات الخمس السابقة .

ويستخدم إلى جانب أشعة الكوبلت التى شاع استخدامها فى هذه الأيام أشعة رونتجن والنيوترونات والأشعة الفوق بنفسجية وتعرض البذور أو البراعم أو حبوب اللقاح أو الأجنة النباتية النامية أوا لثمار على فروعها لدراسة أحسن الأطوار وأفضل الجرعات للاستخدام المفيد ، وعلى الزارع أو الهاوى أن

يستفيد من هذه النتائج فى تحسين حديقته والعناية بمظهرها .

٣ — إبادة الحشائش والطفيليات الضارة :

انتشر فى هذه الآونة من الزمن استعمال المبيدات الحشرية كالتوكسافين أو الجاماكسان أو مركبات الـ د . د . ت . المختلفة فى إبادة الحشرات الضارة وخاصة مقاومة الحشرات التى تضر كثيراً بالنباتات الراقية ، وقد يكون ذلك لإبادة الحشائش الضارة . واستخدام هذه المبيدات له ضرره كما له نفعه ، لكن قد يصل ضرره إلى جانب كبير فيودى بالنبات النافع أو يترك أثره عليه حتى إذا تغذى عليه الحيوان أخذ المبيد بفمه فيضر ذلك بالحيوان ولا فائدة أن تقى النبات بالمبيد الحشرى لتؤذى الحيوان أو تعطل نمو النبات بتسممه . وما فائدة دفع الشر بالشر إذن كان من البديهى أن يفكر كل ذى حكمة فى طريقة لمنع نمو هذه الحشائش والطفيليات دون تأثير على النبات نفسه أو الحيوان ولتحقيق الغرضين معا استخدمت النظائر المشعة فى اختيار المبيدات التى تتركز فى الحشائش الضارة فقط ولا تؤثر على النباتات المجاورة إذ لا تتمثل فيها ، وانتشر هذا الاتجاه فى البحث

عن استخدام الأشعاعات للغرض نفسه ثم نشأت فكرة تعريض النباتات بجرعات توقف نمو الحشائش والطفيليات ولا تصل إلى حد أذى النبات نفسه واستخدم لهذا الغرض الكوبلت المشع فكانت استجابة الفطريات وحساسيتها للاشعاع عالية ، وبذلك توقف نموها تماماً فى حين لم يترك التعريض أثاراً ضارة مثلما تفعل المبيدات الكيميائية ، وهنا أمكن دفع الشر بالخير .

٤ — إنتاج سلالات جيدة من الحيوانات :

استخدمت الاشعاعات المؤينة فى إنتاج سلالات جيدة فى الحيوان كما هو الحال فى إحداث طفرات فى النبات . ويبدأ ذلك بتعريض حيوان التجربة كالأرانب أو الفئران إلى جرعات صغيرة ثم تترك هذه الحيوانات للتزاوج وتنتج جيلا جديداً ينقل بعض صفات الجيل الأول لكنه إلى جانب ذلك يكتسب صفات أخرى جديدة وهذا النوع يمكن تهجينه وإحداث سلالات جديدة منه تدرس خواصها ، ومن هذه النتائج يمكن إبدال الحيوان الصغير بآخر كبير من الحيونات الثدية والاستفادة من نتائج التعريضات الأولى .

كذلك يمكن أقلمة حيوانات مختلفة كانت تعيش فى المناطق

الباردة لتربى فى مناطق حارة وتتكاثر وذلك بأن تعرض لجرعات من الاشعاع تبدأ قليلة ثم تزداد تدريجياً على أن تتزاوج هذة الحيوانات مع فصائلها التى تعيش فى المناطق الحارة وبذلك تنتج أنواعاً جديدة تحمل صفات مشتركة ويمكن لها المعيشة فى المناطق الحارة وتحتمل جوها .

وما يقال الآن عن حيوانات تعيش فى المناطق الصحراوية وأصلها من بلاد باردة كالبقر الفريزيان يمكن أن يقال عن حيوانات أخرى إن أريد تربية الجاموس مثلا فى بلاد باردة من وسط أوربا فنحن لا نرى حتى الآن الجواميس التى تعيش فى وادى النيل فى شمال الكرة الأرضية لكننا لا نستبعد أن يتم ذلك فى سنوات قليلة إذ من الممكن أقلمة كثير من الحيوانات الثديية لكى تنتشر فى بلاد غير منبتها الأصلى .

على أنه قبل إجراء التجارب على الحيوانات الكبيرة لا بد من إجراء تجارب على الحيوانات الصغيرة لأنها زهيدة الثمن وتكاليفها أقل وهى فى سير التجارب أمر طبيعى لا بد منه وقد يتساءل المرء : وما العلاقة بين هذين الأمرين ؟ والرد على هذا أن أى تغير فى الحيوان والإنسان يعتمد أولا على التغيرات الكيماوية والحيوية التى تتم داخل الخلية وهى وحدة الأعضاء فى كل نوع

من الحيوانات المختلفة ودراستها أساس فى فهم أى تغير فى الجسم إذن فالخلية هى موضع الدراسة فى كل الحالات ومتابعة التغيرات فى كروموزومات الخلية هو متابعة أى تغير ظاهرى وعلى أساس التغيرات التى تتم فى الخلايا ينشأ ذلك التطور فى المظهر الخارجى والوظائف البيولوجية للحيوان .

وبحوث العلماء جميعها تجرى أولا فى معامل صغيرة وعلى نطاق ضيق ثم تنتقل إلى الحقل ويجرى تطبيقها شيئاً فشيئاً حتى تصير فى يد المزارع أو المربى بعد أن يستقر المقام لها وتوضع أسسها موضع التنفيذ .

ويستخدم فى بحوث الحيوان نوعان من وحدات الكوبلت النوع الداخلى (شكل ١) والخارجى (شكل ٤) على أن يستخدم الأول فى التجارب الأولية ويستخدم الثانى فى التجارب التطبيقية الهامة ولحساب الجرعات يدخل فى الاعتبار النتائج التى يصل إليها الباحث من التجارب الأولية إذن فلا مفر من اجرائها .

٥ ـ التغيرات الكيميائية والحيوية :

لا بد لمتابع أى بحث تطبيقى أن يرى مدى التغيرات

الداخلية التى تحدث فى خلايا النبات والحيوان والإنسان على السواء . وأول مايطرأ من تغير على المتعرض للاشعاع هو تحويل المركبات المعقدة إلى أخرى نشطة وتسير هذه التأثيرات فى طرق رئيسية ثلاثة هى على الترتيب — التأين — التهيج — وتكوين الأسس الحرة . وذلك لأن الطاقة الناشئة من الاشعاعات الجيمية المنبعثة من الكوبلت المشع شأنها شأن أى طاقة تنتج من مصدر مشع تسبب تأينا فى ما تصطدم به من ذرات ثم يتبع ذلك تهيج فى الجزئيات ، وتأين المادة معناه فقد أحد كهاربها الخارجية وبذلك يختل تعادلها فتتحول من ذرة متعادلة إلى أخرى موجبة لأن شحنة الذرة المرتكزة فى نواتها تبقى دون تغير ولما كان الالكترون المقذوف له مقدار صغير من الطاقة فإنه سرعان ما تلتقطه ذرة أخرى من المجموعة البيولوجية التى تعرضت للاشعاع فى أحد مداراتها الخارجية وتتحول هى بدورها إلى جزىء ذى شحنة سالبة ويمكن تشبيه ذلك بما يتم لجزىء من الماء اصطدم به إشعاع جيمى .

يد$_{٢}$ا + شعاع جيمى ← يد$_{٢}$ا + الكترون

يد$_{٢}$ا + الكترون ← يد$_{٢}$ا —

وبذلك تتحول الجزئيات المشعة من جزئيات متعادلة كسلة إلى أيونات موجبة نشطة من فقدها الكترونا أو إلى أيونات سالبة من كسبها الكترونا مفقوداً من العملية الأولى وإلى جانب هذه الجزئيات المشحونة تتكون الأسس الحرة وهى تفوق الجزئيات الأخرى فى نشاطها الكيميائى وتنتج هذه الأسس من الأيونات مباشرة بما يلحقها من تغيير فى ترتيب شحناتها وتتوقف التأثيرات الحيوية والتغيرات الكيميائية إلى درجة عظيمة على اندماج الأسس الحرة فى صورة أو أخرى وعند تكوين هذه الأسس الحرة تبدأ بذلك سلسلة التفاعلات الكيمائية ويقال إن الأسس الحرة هى النواتج الأساسية للأشعاع وهى مركبات لذراتها الكترونات ذات نظام ثابت وأبسط أمثلة هذه الأسس هو الأيدروجين (يد) فهى أسس ذات نشاط تفاعلى هائل ولها ميل كبير لأن تصبح ثابتة إما بأن تتقاسم الكترونا هى وذرة أخرى وإما أن تفقد الكترونها الوحيد الذى تملكه والذى سبق أن شرحناه تركيبه لتصبح أيونا نشطا والأسس الحرة حياتها قصيرة لا تبقى على حالها إلا فترة وجيزة تقدر بجزء من الثانية ومدى بقائها يتحدد بطبيعة المواد المحيطة بها ودرجة تركيزها ولكنه لا يزيد عن جزء ضئيل من الثانية وهى فى حالة نشاط

ثم تتحد مع ذرة شبيهة لها لتكون جزيئا جديدا ثابتا من الايدروجين أو جزيئا مختلطا من أسس الايدروجين الحرة مع أسس من عنصر غير الأيدروجين .

لكن أسسا حرة أخرى هامة فى مجال البيولوجيا الإشعاعية مثال تلك التى تتكون من أيون الهيدروكسيل وعند تكوين هذا الأيون من تأثير الإشعاع يكون سالبا غير أنه يصير نشطا فى التفاعلات الكيميائية شان أسس الإيدروجين الحر ويكتب أسس الهيدروكسيل بالرمز (ا يد .) ومثل هذه الأسس فى الأهمية البيولوجية أسس الأكسجين ومن كل عناصر الجسم المعرضة للإشعاع تتكون الأسس الحرة النشطة المختلفة وبذلك فإن التغير السريع الذى يتم عند التعرض للإشعاع يجب أن يتم عن طريق تكوين هذه الأسس وقد يحدث أثناء التعريض تفاعل كيميائى مباشر دون حدوث تاين أو تكوين أسس حرة وذلك عن طريق حدوث تهيج فى الجزيئات المعرضة وأثناء هذا التهيج يتم فقط تغيير فى ترتيب الإلكترونات عن مداراتها الأصلية داخل حدود مداراتها وهذه الجزيئات المهيجة تزيد من نشاط التفاعل الكيميائى لهذه الجزيئات دون حدوث أيونات أو أسس حرة — وتختلف درجة التهيج الالكترونى

اختلافا كبيراً يتوقف على مـــدى القلق الذى حاق بهذه الالـكترونات ولا يبقى الجزء المتهيج فترة طويلة من الزمن دون أن يثير تفاعلا سريعا وإلا عادت الـكتروناته إلى ترتيبها الأول قبل التشعيع وعاد الجزىء إلى حالته الأصلية وعمر الجزىء المتهيج أقل من حياة الأسس الحرة . وتتناقص الطاقة فى كل مرة يتولد فيها أيون أو جزىء فى حالة تهيج ولـكن عند ما تدرس تأثيرات الإشعاعات الجيمية فى السوائل والأجسام الصلبة يصعب قياس الأيونات المتولدة بأجهزة مباشرة كما هو الحال فى الأجهزة الحيوية الأخرى . وتفقد الجسميات المؤينة طاقتها أثناء مرورها خلال المـادة ثم تصبح سرعتها فى حالة تناقص مستمر حتى تصبح غاية فى الصغر حتى تستطيع بعد ذلك إحداث تاين وفى هذه الحالة تصبح فى حالة سكون وفى الوقت نفسه فإنها إذا ما تناقصت سرعتها فإن معدل طاقتها يزداد وبذلك تزداد كثافة التأين باطراد كلما تقدمت نحو نهاية المسير فمثلا نجد الالـكترون ذا الطاقة مليون الـكترون فولت يفقد فى مبدأ سيره حوالى ٢٠٠ ألف الـكترون فولت فى المـاء أو المحاليل الحيوية غير أن معدل فقد طاقته يعادل فى نهاية المسير ٣٠٠ مرة هذا القدر ويتوقف

مدى الجسيم المؤين أو طول مسيره الخاص بصفة أساسية على كثافة المادة التى يتحرك خلالها غير أنه لا يتوقف على تركيبه الكيمائى إلا بدرجة محدودة وأكثر الإشعاعات قدرة على النفاذ هى الأشعة الجيمية ، والأجزاء المتأثرة بفعل الإشعاعات بسبب تعرضها لا تقتصر على جلد الحيوان ولا السطح الظاهرى للنبات فقط بل إن كل جزء من الجسم سوف يلقى تأثيرا إشعاعيا وبذلك أمكن الإفادة من الإشعاعات فى أغراض أخرى ، كالتى يلزم فيها التعريض من كل النواحى بالإشعاعات المؤينة .

٦ — حفظ الأطعمة والخضراوات :

لا شك أن الخضروات والفواكه لا تعيش على مدار العام ناضجة ولكنها تبقى لمدة محددة يشتاق بعدها المستهلك لرؤيتها فكثيراً ما نشتهى فاكهة الشتاء فى الصيف وفاكهة الشتاء لا تبقى فى فصل الصيف طازجة ولذلك لجأت مصانع كثيرة فى كل دولة لتحضير الخضروات والفواكه المحفوظة لاستهلاكها فى فترات غيابها على أن دولة واحدة لا تملك كل الأنواع من الفاكهة والخضروات وبذلك تنتقل عن طريق التصدير محفوظة من

مكان إلى آخر طازجة أو مطهوة وكلنا لا ينكر ان حفظ هذين النوعين بطريقة سليمة صناعة رابحة ناجحة وقد تقدمت هذه الصناعة فى بلادنا الآن وامتد نشاطها إلى انتشارها فى شتى الأسواق الخارجية .

ويتوقف حفظ هذه الأطعمة على تعقيمها تعقيما سليما على أسس علمية كاملة ويتم ذلك عادة بواسطة الحرارة المرتفعة وتحت الضغوط العالية حتى تقف الميكروبات المفسدة للأطعمة عن التكاثر والتوالد وعند هذا يمكن حفظها وتعبئتها فى أوعية معقمة ، وأكثر الأطعمة يتم تعقيمها آلياً وبكميات كبيرة ولذلك أدخلت فكرة التشعيع لحفظ الأطعمة وذلك بتعريضها لإشعاعات الكوبلت النفاذة التى تقضى على الميكروبات الضارة دون حاجة إلى رفع درجة حرارتها أو غليها وبهذا تحتفظ الأطعمة بكثير من فيتاميناتها التى تتأثر بالحرارة وتقل كميتها فضلا عن أنها وسيلة قليلة التكاليف ولها ميزات أخرى متعددة وأثبتت الدراسات المتعددة أنه يمكن حفظ الفواكه طازجة أو مطهوة دون تغيير فى طعمها أو فساد لمكوناتها ذلك لأن استخدام الإشعاعات هو استخدام ظاهرى لا يؤثر على المستهلك حين يأكل هذه الأطعمة ، والآن تحفظ ملايين الأطنان من البطاطس

من ظهور العقد عليها « أى التزريع » وذلك باستخدام الكوبلت ٦٠ بتعريضها لجرعات تتراوح بين ٨٠٠٠ ، ١٨٠٠٠ رونتجن عند درجات الحرارة المنخفضة بين ٥ ، ٢٥ درجة مئوية ورطوبة ٩٠٪ وأمكن بذلك حفظ البطاطس لمدة عام دون وضعها فى ثلاجات أو ظهور تزريع عليها ، وتستخدم هذه الطريقة فى البلاد الباردة التى تستخدم البطاطس كغذاء أساسى كالعيش فى بلادنا وبذلك أمكن توافر البطاطس على مدار العام فى أوربا وخاصة فى وهولندا وبلجيكا والدول الاسكندنافية وكذلك فى الولايات المتحدة على أنه أجريت تجارب عدة لحفظ حبوب القمح والشعير فى الاتحاد السوفييتى وتم تصديره سليما إلى الدول المستوردة من مناطق سيبريا .

وتجرى الآن تجارب لحفظ البيض من الفساد فى فصل الصيف وذلك بتعريضه للاشعاعات الصادرة من الكوبلت فى الوحدات الإشعاعية الخارجية ولكن الصعوبات التى تقابل الباحثين الآن هى إيجاد الجرعات الكافية لمنع فساد البيض دون تأثير على طعمه إذ أن زلال البيض مكون من بروتينات حساسة تتأثر بالإشعاع ولكن البحوث الجارية تبشر بانه يمكن التغلب على هذه المشكلة .

وما قيل عن البطاطس والبيض يقال عن الفاكهة فهناك تجارب على حفظ التفاح فلا يعطب ويعيش طازجاً لمدة كبيرة حيث أن هذه الفاكهة تتعطن بعد قطفها بمدة قليلة إن لم تعبأ فى صناديق قبل نضجها ويمكن استخدام الإشعاعات فى حفظ الموالح طازجة بعد تعريضها لجرعات صغيرة من الإشعاع الجيمى ولو امتد استخدام هذه الإشعاعات لأمكن حفظ الطماطم بعد موسمها فى صورة طازجة ولذا يبقى سعرها منخفضاً على طول العام وكذلك المشمش والمانجو والتين والعنب والشمام والبطيخ إلى شهور طويلة ولهذه التطبيقات أثرها الاقتصادى إذ أنه ما امتد موسم فاكهة أو خضروات إلا ونقص سعرها وقل التزاحم عليها فى أول ظهورها كما يحدث عادة ، وأمكن لمحدودى الدخل القدرة على شراء كل نوع من الفاكهة مهما كان نوعها بدلا من أن يحرموا من استخدامها .

كذلك أمكن لربات البيوت أن يسترحن من عمليات تخزين أنواع الخضروات اللازمة كالبصل والثوم التى لا تسلم من التزريع مهما احتطن فى تعليقها بالخلاء ، وتفكيرهن فى عمل الصلصة وحفظ عصير الفواكه فى الثلاجات وغليها وإعادة تعبئتها بين آن وآخر .

وليست أهمية حفظ الخضروات والفواكه بأقل أهمية للتجار والمصدرين من أهميتها للمستهلك فالفاكهة الطازجة أكثر رواجاً لهم من المخزونة ولا يخفى علينا ما يوفر هذا على الدولة من عملات صعبة فكلما زاد حجم التصدير والاستيراد كلما دخلت فى اقتصادياتنا عناصر جديدة يمكن استخدامها لتنمية حاصلاتنا الزراعية واستخدام هذا الكسب فى تطوير الزراعة وإنتاج أنواع أكثر وبذلك تنمو فى البلاد تجارة المواد المحفوظة الطازجة .

ونحن الآن فى طريق الاستفادة من كل تصنيع يجب ألا نهمل هذا النوع الجديد وهو الاشعاع فى خدمة حفظ الخضر والفاكهة .

٧ — تعقيم المستحضرات الطبية :

تعقم المركبات الدوائية كالبنسلين والاستربتوميوسين أو أى أمبولات أخرى أثناء تعبئتها أو بعد تحضيرها عند درجات الحرارية العالية وتحت الضغوط العالية أيضاً وقد يستخدم فى هذا الغرض الأشعة الفوق بنفسجية ، وموضوع التعقيم فى علم الأدوية ومستحضراتها أمر أساسى هام ولذا يرى المنتج والباحث

لزاماً عليهما أن يتبعا أحدث الطرق فى التعقيم التى لاتغير فى طبيعة الدواء ولا تفسد تركيبه إذ أن كثيراً من الهرمونات والفيتامينات تتأثر بدرجات الحرارة المرتفعة تأثراً شديداً ولذا فإن تعقيمها بالطرق العادية يفقدها الكثير من قوتها والآن يجد منتجو الأدوية حلا لهذا باستخدام الإشعاعات الجيمية المنبعثة من الكوبلت فإن فيها من القوة ما يكفى لتعقيم الكثير من الأدوية التى يخشى تحللها بالحرارة دون أى تأثير مضاد على المركب نفسه وأكفأ هذه الوحدات لمثل هذا الغرض وحدة التشعيع الداخلية (شكل ٢) إذ يترك الدواء فى جوفها ويعرض للاشعاع بجرعات صغيرة بعد تعبئته ويتم ذلك كله آلياً . ويجدر بنا هنا أن نقول إنه لا وجه للمقارنة بين تكاليف التعقيم بالاشعاع ، التى تعتبر بعد شراء الوحدة الاشعاعية زهيدة جداً إلى جانب الطرق الأخرى التى لاتزال تستخدم حتى الآن . ففى مثل الطرق الأخرى لا بد من استهلاك للوقود والتيار الكهربائى ولسنا بحاجة إلى سرد تلك التكاليف وما يوفره المشتغل بالاشعاع على الأمة من اقتصاديات فى استعمال الأشعة فى التعبئة والتعقيم وصناعة الأدوية فى قطرنا الآن متقدمة وبخاصة من النباتات الطبية الكثيرة حيث

تقوم سياستنا على أساس الاكتفاء الذاتى منها — لذا يجدر بنا أن نلفت النظر إلى فائدة التشعيع فى صناعتها .

ولو اتجهت شركات الأدوية فى بلادنا إلى تعقيم أدويتها بهذه الوسيلة الحديثة لوفرت كثيراً من الجهد والنفقات التى تلزم لإقامة المعامل وبذلك تخفض سعر السلعة فيستطيع كل ذى علة أن يشترى ما يلزمه من الأدوية ، وتلك هى عماد من عمد التقدم الصحى وكلما تحسنت صحة أمة كلما تقدم تفكيرها فالعقل السليم فى الجسم السليم وإن تقدم الأمم وحضارتها إنما يقاس بمقدار تقدم الصحة بين أفرادها .

٨ — تعقيم الألباد :

لقد كان لطريقة الحلب فى الحيوانات بالطرق الآلية أثر كبير فى دويلات كثرت فيها المراعى وقلت اليد العاملة . وبذلك أنتجت هذه البلاد ألبانها نقية من البقر أو الجاموس أو الماعز ويحلب اللبن بالجهاز الآلى ثم يبرد مباشرة وتغلق عبواته عند حلبه وبذلك أمكن نقل اللبن من المزرعة مباشرة إلى المستهلك تم هذا فى هولاندا وبلجيكا والدانمرك وغيرها من الدول

الكثيرة المراعى على أن ذلك دعا هذه البلاد أن تبيع اللبن بسعر منخفض نسبياً ورغم الدراسات التى قامت لتكشف نجاح هذه الطريقة كوسيلة للتعقيم إلا أنه لا بد من التعقيم بالاشعاع وبخاصة لو بقى اللبن لمدة أطول من يوم وقد أمكن استخدام الكوبلت المشع فى هذا الغرض بتعريض الزجاجات المعبأة لجرعات صغيرة يصبح بعدها اللبن آمناً من الميكروب والتلف حتى لو بقى عند درجات حرارة الجو العادية — واللبن غذاء أساسى للأطفال فهو ينمى أجسادهم ولا يحرم الكبار من فائدته فإلى جانب شربه فمنه يصنعون الجبن والزبدة والمسلى ، إذن فهو مكون أساسى من مكونات غذائنا ومثل هذا الغذاء لا بد أن نحصل عليه نقياً من أى ميكروب حفظاً على صحتنا وصحة أجيالنا نامية ولا يزال سعر اللبن مرتفعاً فى بلادنا بالقياس إلى دخلنا فهل للكوبلت أن يخفض من تكاليفه فينزل سعره إلى مستوى دخل الفقير منا وأن يضمن فوق ذلك لأطفالنا صحة جيدة ؟ فأهم ما يقابلنا فى تقدم صحة الأطفال هو تغذيتهم تغذية سليمة متكافئة العناصر سهلة التكاليف وأى غذاء كامل للطفل سوى اللبن المعقم ؟ .

٩ — حفظ اللحوم والأسماك :

إذا تركنا حيوانا مذبوحاً فى العراء مدة قصيرة دون تنظيفه وحفظه فى درجات حرارة منخفضة فاحت منه رائحة كريهة وإن تركت قطعة من اللحم أو سمكة فى نفس الظروف تجمعت عليها الحشرات والذباب والجراثيم غير المرئية ما سبب ذلك ؟

إنه العفن والتلف ولا بد إذن من حفظ اللحوم المذبوحة أو الطيور والأسماك وكل ما يؤكل لحمه فى ثلاجات بعد ذبحه وتنظيفه إن أريد تأخير طهيه . وإلا أسرع الطاهى فى إعداده خشية تلفه ، وظاهرة اقتناء الثلاجات عند تجار الطيور والأسماك واللحوم ظاهرة أساسية وما يأتى المساء على هؤلاء الناس حتى تبدأ عملية تخزين اللحوم بين ألواح الثلج الضخمة ورغم الحرص الشديد فى حفظ هذه اللحوم إلا أن هذا الأمر لا يعفى اللحوم من تغير فى طعمها ونعومة فى أليافها ونحن نستورد كثيراً من اللحوم المثلجة ولكن المستهلك لا يريدها ولا يثق فيها ذلك أن طعمها غريب عليه فهو لا يتذوقه ولا يستحسنه إذ أن عملية التبريد تستمر شهوراً حتى تصل هذه اللحوم إلى المستهلك ذلك لأن نقلها فى البواخر وحفظها فى الموانئ

يستغرق وقتاً يؤثر على الطعم المألوف لنا جميعا .

إذن كان لا بد من طريقة حديثة لاتؤثر على الطعم ولاتحتاج لجهد كبير وباكتشاف خواص الأشعة الجيمية فى عملية التعقيم وقتلها للجراثيم نشأت فكرة حفظ اللحوم باستخدامها . ولقد أمكن تشعيع اللحوم وحفظها عند درجات الحرارة العادية وبذلك توفرت آلاف الجنيهات وخفضت أسعار اللحوم الطازجة المعقمة فى بلاد كالولايات المتحدة وبلاد شمال أوربا التى تكثر فيها المراعى ويزداد إنتاج الحيوانات المكتنزة باللحم ، والكوبلت ٦٠ هو أهم مصدر من مصادر هذه الاشعاعات وأقلها تكلفة .

١٠ — مقاومة الحشرات والآفات الضارة :

لا يأمن الزراع فى أى وقت شر الآفات الزراعية وغالباً ما يستسلم الفلاح لقضاء الله وقدره ، وفى هذا لايستطيع الفلاح تقنين محصوله أو حساب دخله ، وأشهر الأمثلة لأذهاننا مايحدث عادة للقطن والذرة والقمح والبطاطس والفواكه من ضرر إصابتها من الآفات الزراعية المختلفة ولا ينكر إنسان ما قامت به الدولة هذه الأعوام من مجهودات لصد هذا العدو الفتاك ، وقام رجال المقاومة فى وزارة الزراعة بنشاط ملحوظ فى توفير وسائل

المقاومة فى موسم القطن الحالى. وتتلخص هذه المقاومة فى ضروب شتى إما بالمقاومة الكيماوية أو الحيوية أو تنقية لطع الدود . كدودة القطن ودودة اللوز والدودة القرنفلية والتربس والمن ، وترش المبيدات فى اطوار مختلفة ويسهر المختص على مباشرة هذا العمل ويعلق صاحب الزرع مستقبل محصوله على نجاته من الآفات .

ولقد فكر كل عالم من زاويته فى مقاومة هذا الهلاك فأنتجت المبيدات الحشرية الكيماوية فى صور عدة وأقام فريق آخر مدرسة للمقاومة البيولوجية عززها بتطبيقات حيوية وفكر إلى جانب هؤلاء وهؤلاء علماء الذرة فى مقاومة الآفات إما بترقيم المبيدات لمعرفة أكثرها تأثيراً أو استعمال الإشعاعات الذرية فى تعقيم الذكور من الحشرات وفكرة تعقيم الذكور فى الحشرات دخلت الآن مرحلة تطبيقية ولو أنه مضى على تجاربها المعملية وقت قصير — والتعقيم يتم عادة بتعريض الذكور للإشعاعات فى وحدات الكوبلت ثم تركها تطير فى العراء لتتزاوج مع الاناث فإذا ما أنتجت الاناث بويضات فإنها تكون غالباً غير مخصبة ولا تفقس ولا تنتج يرقات أو عذارى وبذلك يقف دور إنتاج الديدان عند حد تكوين البويضة التى لا تلبث أن تذبل

وتنقرض وهذه طريقة إيقاف انتشار هذه الآفات .

وطريقة التعقيم تعتبر الآن أحدث نوع من المقاومة ولقد أجريت على أنواع من الصراصير الضارة فى كندا والولايات المتحدة . والبحوث قائمة الآن على الديدان والحشرات التى يراد مقاومتها فى الجمهورية العربية المتحدة لتعلن ما يكون أشد فتكا فى مقاومة أعداء محاصيلنا الزراعية وأقوى الدعامات الأساسية فى اقتصادياتنا والأمل معقود على نجاح تجاربنا فى هذا المضمار .

١١ — استخدامات السكوبلت فى العلاج :

للكائنات الحية مهما اختلفت طبيعتها قدرة خارقة على التغلب على عوامل الطبيعة ومن هذه الخصائص قدرتها على الشفاء من الإصابات التى تنتابها بين الحين والحين ولقد منيت البشرية بمرض رسخ فى الأذهان حتى الآن أنه مرض عضال لا يذوب مظهره ولا يشفى عليله ، فلا يسمع إنسان عن مرض السرطان حتى يتراءى له كابوس الموت ولذا فقد شبه الإنسان ثقيل الظل بأنه سرطان ذلك أن القدرة على التعامل معه صعبة وكل ما ثقل على المرء حمله فهو أمر عظيم يجب التخلص منه .

والسرطان فى حد ذاته أنواع عدة ، وقانا الله شرها ، منها ما يصيب الدم وهو نوعان سرطان الدم الأبيض وهو فى مظهره ازدياد فى عدد الكرات البيضاء عن المألوف حتى تغير من لون الدم الأحمر القرمزى إلى لون رمادى قريب إلى الأبيض منه إلى الأحمر المألوف والنوع الآخر هو سرطان كريات الدم الحمراء وفيه تتكاثر الكريات الحمراء تكاثراً غير طبيعى يختل معه ميزان الجسد . ثم أنواع سرطان المثانة البولية والبروستاتا وهما مرضان من أثر إصابة البلهارسيا عند استفحال أمرها ولم تعالج بسرعة سببت أوراما خبيثة تظهر فى المسالك البولية ثم هناك سرطان الرحم وسرطان الثدى فى السيدات وأورام العين الخبيثة وأورام المخ وسرطان الغدة الدرقية وثانوياتها والتشوهات الجلدية ، وكل هذه أنواع من السرطان لا تختلف كثيراً فى معناها فكلها أمراض لا يستريح لها المصاب حتى تخف حدتها .

ولقد ساد الظن أن مريض السرطان إنسان لا يشفى ولكن إرادة الله وقدرته سخرت علماء كثيرين للبحث فى هذا المضمار وليفيدوا الناس بما توصلوا إليه ، ولقد بدأت دراسات عديدة للتعرف على كنه هذا المرض ومعرفة هل هو مرض وبائى أم وراثى وهل يمكن عزل الميكروب ؟ أو زرعه ؟ وأنفقت الدول الكثير

من أموالها للتعرف على كنه هذا الداء إذ لابد من معرفة الداء قبل وصف الدواء . ولقد وقف الناس حائرين أمام هذا المرض إلى أن توصل العلماء لعلاجه بالإشعاعات ، وشاع استخدام الكوبلت لوقف تقدم معظم حالات هذا المرض والأمل معقود للتوصل إلى علاج حاسم لأغلب أنواع السرطان ولنعرض هنا لفكرة سريعة نشرح المرض وعلاجه ومسبباته .

أنه لوضع غريب أن يكون للإشعاع الذرى يد فى شفاء السرطان واحداثه ، فقد ثبت منذ أكثر من عقد من الزمن أن التفجيرات الذرية كانت سبباً فى حدوث أورام خبيثة ، كما أن الخطأ فى استخدام الإشعاعات الذرية فى العلاج كثيرا ما سبب أنواعا متعددة من السرطان للمشتغلين بهذه الإشعاعات وتختلف شدة هذا المرض حسب الجرعة التى يتعرض لهـا المشتغل ودرجة الخطأ .

على أنه من جانب آخر فإن الإشعاعات نفسها كانت سبباً فى شفاء كامل لسرطان الجلد والغدة الدرقية ، ولابد لهذا التضارب من سبب وهو ذلك التأثير المعقد للإشعاعات الذرية على الخلية وهى وحدة الـكائنات الحية ولا يخفى علينا ما تمتاز به الإشعاعات

الجيمية المنبعثة من الكوبلت فى مفعولها السريع القاتل لخلايا الأورام السرطانية .

وعملية إحداث السرطانات نفسها عملية بعيدة الأجل لا ترتبط ارتباطا مباشراً بموت الخلايا بقدر ما تتأثر بتعديل طفيف فى كروموزمات الخلية .

ويصعب على الطبيب تشخيص السرطان بصفة قاطعة من رؤية ورم أو تجمع الخلايا فالظواهر الأساسية التى تسبب فى تجمعها ورما سرطانيا هى فى مبدأ الأمر تكاثر ينتاب الخلايا وهو تكاثر غير طبيعى يزيد عن العادة التى تعود الجسم عليها من حيث الكثرة وسرعة التكوين ويحدث هذا التكاثر عادة فى أوضاع متفرقة من الجسد وأكثر هذه المواضع هى تلك الطبقات السطحية من الجلد أو الأغشية الداخلية التى تبطن المعدة أو الأمعاء أو أى أغشية أخرى من التى يستلزم استبدالها بغيرها على الدوام فى عملية التآكل والتجدد الدائمة فى الجسم ويحدث هذا فى الأجهزة التى تنشىء كريات الدم كالطحال والنخاع العظمى إذ تستمر عملية الانقسام مستمرة فى هذه الأعضاء لتعويض خلايا جديدة بدل ما ذبل من خلايا الدم التى تملك حدا محدوداً من القدرة على الحياة تقف بعده عن وظائفها الحيوية وإلى جانب هذا النوع

من التكاثر خلايا أخرى لا تنقسم فى الأحوال الطبيعية ، تبدأ عند مريض السرطان بالانقسام المفاجيء تحت تنبيه يصيبها من جراء إفرازات لهرمونات فى جسم المصاب أو تحت تأثير مركب كيميائى أو أغذية معينة تنشط نمو هذه الخلايا ، ومهما يكن من سبب فإن نشاطا غير عادى يسبب ورما يمكن رؤيته وينمو هذا الورم ويكبر ولكن كبره ونموه ليس دليلا يكتفى به المشخص أنه سرطان . إنما قدرة هذا الورم على غزو الأنسجة المجاورة له فى عملية تشعبه بين مستعمرات خلايا هذه الأنسجة هو الخاصة الأساسية لتشخيص الورم السرطانى . وهذه الخاصة كفيلة أيضاً بأن تفرق بين السرطان والأورام الحميدة مثل الزوائد الجلدية والأكياس الدهنية أو النتوءات الأخرى .

وأخطر خواص الورم السرطانى من الوجهة العلاجية هى قدرة الخلايا السرطانية على الانفصال من مركز تكوينها والاستقرار فى مكان جديد تكون فيه ورما ثانوياً يسمى بثانويات السرطان وهى من الوجهة العلاجية أيضاً أصعب مباشرة وأكثر خطراً من الورم الأصلى نفسه ويتم انتقال خلايا السرطان بسهولة عبر الأوعية الدموية المختلفة أو الأوعية الليمفاوية أو فى فراغات الجسم الأخرى إلى أجزاء بعيدة فى الجسم

وانتقال الورم السرطانى فى الموضع الجديد يليه نمو هذه الخلايا لتكون ورماً جديداً آخر يعرف بالورم الثانوى وله خصائص الورم الابتدائى .

وهذه الوظيفة قد تمكن الطبيب من تحديد الموضع الأساسى الذى يأتى منه الورم الثانوى وبهذه الخاصية يمكن اكتشاف الورم الابتدائى بتحليل عينات من كلا الورمين ومعرفة خصائص كليهما ، وبمعرفة خصائص النسيجين فسيولوجيا يمكن القطع بتشابههما ومثال ذلك مريض الغدة الدرقية المصاب بورم متقدم فى الغدة الدرقية تسلك أورام غدته الثانوية سلوك الغدة الدرقية وتوجد هذه الثانويات فى عدد من المواضع المختلفة بالجسم فتفرز هرموناتها وتسلك نفس مسالكها الفسيولوجية .

والسرطان من الناحية البيولوجية ليس مرضاً منفرداً لكنه تغير شامل لمجموعة حالات لكل حال منها أعراضه الخاصة وتختلف هذه الحالات كثيراً فى خطورتها ، فبعض السرطانات يتم شفاؤها تقريباً وبعضها يمكن علاجه تماماً وبنجاح باستخدام الاشعاعات الذرية وخاصة إذا اكتشف مبكراً وهناك أنواع أخرى آخذة الآن فى الانقراض وفرصة الشفاء منها ضعيفة ودور المعالج فيها يقف عند حد تخفيف الأعراض على المصاب وكسر حدتها .

ويختلف الأطباء فى اعتبار أن أمراض الدم التى تنتج سرطاناً بأنها أمراض خبيثة وذلك من الناحية الفنية البحته لكنها لاتدعو إلى الاختلاف بأنها خطرة شأن الأورام الصلبة التى يعتبرها كل الأطباء سرطاناً مخيفاً . والدليل على خبث هذا النوع من السرطان أن تصرفاته ومسبباته هى نفس تصرفات الخلية السرطانية ومسبباتها ذلك أنها تنمو نمواً غير محدد وقدرتها على التكاثر السريع هى نفس قدرة الخلية السرطانية أو الخلايا الجنينية الاولى .

وقد يتساءل المرء : بما أن النمو الذى يحدث لالتآم الجراح أسرع فى الخلايا بكثير من نمو معظم السرطانات فهل هذا النمو سرطان كنهه ؟ ولكنا نقول : إن هذا النمو رغم أنه غير طبيعى لكنه ليس سرطاناً فى شىء إذ أنه يتوقف تماماً بالتآم الجرح وللجسم السيطرة على إيقاف نموه عكس مايحدث فى الورم السرطانى حين يفقد الجسم سلطانه على تقدم الورم واستفحاله شأنه شأن المدافع الضعيف إن اعتراه غاصب جبار ، والسرطان مستعمر قوى ظالم لا يستطيع صاحب المملكة أن يرده عن جبروته ولا يصد نيرانه ، إذن فخلية السرطان ليست إلا خلية طبيعية فقد الجسم السيطرة عليها ، وعلى ذلك يتحتم التخلص منها

إما بقتلها أو جعلها غير قادرة على النمو وشلها عن التكاثر شأن أى شرير .

وقد يتبادر إلى الذهن أن أكفأ طريقة لإزالة هذه الأورام هى الجراحة العاجلة إذن ماعلى الجراح إلا أن يجتز هذه الأورام من أصولها ، ولكن هناك أوراما لا يصل الجراح إليها ذلك لأنها عميقة ويصعب على الجراح أن يتناولها كما أن أوراما أخرى تنتاب أعضاء تكون الجراحة فيها أمراً خطراً على المريض أشد من خطر إزالة الورم ذاته ولذلك كان لزاماً أن تستخدم الاشعاعات فى وقف نمو هذه الخلايا وقدرة الاشعاعات للوصول إلى هذه الأورام قدرة خارقة وميسورة وقد يضاف إلى العلاج بالاشعاع استخدام مواد كيماوية تفيد فى تحسن الحالة وشفائها وتعرف هذه المواد بمشتقات غاز الخردل أو نتروجين المسترد .

والهدف الأساسى من مختلف أنواع العلاج هو إزالة الخلايا الخبيثة إزالة كاملة دون إحداث أقل ضرر للنسيج المحيط بها لكن هذا ليس سهلا فكل أنواع العلاج لابد وأن تؤثر فى الخلايا المحيطة ولكن يمكن للإشعاع أن يقتصر على الورم وذلك بتحديد جرعة تصل إلى قتل الخلايا السرطانية دون

أن تضر الجزء السليم المحيط بها ويتحتم فى هذه الحالة اختيار الجرعة المناسبة والطريقة التى تعطى بها فإن أعطيت الجرعة كبيرة قتلت الخلايا السرطانية وأثرت على الأنسجة المحيطة كما أنها تترك مخلفات الخلايا الميتة لباقى الأنسجة المجاورة لتمتصها وإلا تسربت هذه البقايا فى الجسم بأسره وتسببت فى تسممه وكلما كبر الورم الذى يراد تحطيمه كلما كثرت البقايا وأضرت بالجسم وقد يصاب المريض بعد الجرعة الكبيرة باعتلال شديد يقضى على أمله فى الشفاء لذلك يجب أن يعطى المريض العلاج على جرعات صغيرة ومتكررة وتدريجية ، وعند هذا يتوقف نمو الورم بطيئاً ويستطيع الجسم أن يتحمل الجرعات كما يستطيع أن يتخلص من البقايا السامة ذلك أن فى الجسم مركبات تستطيع أن تتحد مع هذه البقايا وتخرجها عن طريق الدم والبول دون أن تسبب تسمما للمريض وقد يكون لكل ورم فى علاجه الجرعة المناسبة التى لا تصلح لورم آخر .

ولقد ثبت نجاح وحدات الكوبلت الطبية فى علاج أنواع متعددة من الأورام السرطانية تحت الظروف التى ذكرت وسمى هذا النوع من العلاج بالتشعيعات المتكررة مع زيادة صغيرة فى الجرعة التالية فى كل مرة . إلا أن هناك أوراماً لا يجدى

فيه التشعيع بالكوبلت واستخدم فيها العلاج بالأشعة السينية أو ماتسمى أشعة رونتجن نسبة إلى مكتشفها . ويستخدم فى هذا النوع من العلاج الأشعة السينية النفاذة ويسمى علاج اكس العميق وهنا تقل مدة التشعيع عن سابقتها حيث لا يقوى المريض على تحمل هذا العلاج لمدة طويلة وقد استخدمت جرعات من أشعة اكس تصل إلى ٢٥٠٠ رونتجن ونجحت فى تحطيم أورام كبيرة بعد ست جرعات فقط .

وحساسية الورم للاشعاع أمر هام فى العلاج وكلما كانت حساسية الورم للاشعاع أكبر من حساسية الأنسجة المحيطة كلما كانت فرصة العلاج بالأشعاع أكثر نجاحا ذلك أن الأنسجة الحساسة للاشعاع تتلف بعد تكرار التشعيع فلا فائدة من إيقاف الورم وتلف الأنسجة المحيطة به وخير لنا أن نوقف علاجا يتسبب فى فساد الأنسجة السليمة من أن نستمر فيه لنبحث عن طريق جديد للعلاج ولذلك فإن ظهور ورم سرطانى فى جزء شديد الحساسية للاشعاع مشكلة تحتاج كثيراً إلى التأنى فى العلاج .

والخلايا السرطانية تكون فى أحوال كثيرة عنيدة فبعد تشعيعها وإيقاف نموها يعود الورم ثانية للظهور وربما إن أعيد

تشعيعها مرة أخرى لا تستجيب للتشعيع حتى ولو زيدت الجرعات المستخدمة عن سابقها . ومثل هذا الورم ينمو بطريقة الكمون فيمكث عدة سنوات ساكناً نتيجة للتلف الذى لاقته الخلايا من جراء الجرعات الأولى ولأن النسيج المحيط بها لم يعد قادراً على مدها بما تحتاجه من غذاء واكسجين لتنمو وتتنفس ولذا فإن توقف نموها المؤقت أمره واضح ولكن عندما تتغلب هذه الخلايا على العطب الذى أصابها فإنها تعود للنمو ثانية فى مخدع الورم الأصلى ولكن هذا لا يعنى مطلقاً أن نوقف العلاج بالتشعيع إذ أن ما حدث من التشعيع الأول هو تحطيم لمخدع الورم دون قتل كامل للورم نفسه وهو سبيل لوقف تقدم الورم العنيد مؤقتاً حتى تجد الخلايا السرطانية نسيجاً جديداً يعولها ولا يخفى علينا أن هذا تخفيف لحدة المرض على المصاب .

وقد يختفى الورم تماما بعد إتمام الجرعات العلاجية ولا يرى أثره أمام أعيننا وليس اختفاؤه دليلا على تمام الشفاء إذ قد يكون هناك بعض الخلايا الكامنة قادرة على الانقسام بعد التشعيع لتعيد الكرة بعد فترة وجيزة كما أنه ليس من الممكن التكهن بعدم الشفاء لأن الورم بقى فى مكانه وبنفس حجمه أو ربما كبر عن حجمه السابق أثر التشعيع إذ قد يكون

التشعيع قد أوقف الخلايا النامية نموا غير طبيعي دون أن يقوى على موتها أو إخفائها كلية ولكن يبدو أن الورم قلت صلابته عما كان قبل التشعيع وليس أمامنا الآن عن التجارب ما يساعد على التحقق من نجاح العلاج نجاحا مطلقاً من الجرعات التى أعطيت كما أن علاج التشعيع بدوره طريق جديد وليس أمام المختص فى هذا العلاج مقاييس مستقرة يمكن أن يقارن بها كما هى العادة فى أنواع العلاج الأخرى ولذا كان لزاما على المعالج أن يستمر فى إعطاء جرعات أكثر قليلا من المطلوب ليتأكد بعض الشىء من توقف المرض وزيادة الجرعات على الورم العقيم أمر لا يخشى منه على المريض ما دام يعطى على فترات واسعة وبكميات قليلة .

وعلى المريض أن يصاحبه الصبر إن أراد العلاج بالإشعاع فإن هذا النوع من العلاج بالإشعاع يستغرق وقتاً طويلا حتى يتأكد المعالج من سلامة العلاج وبأن الخلايا قد استجابت للتشعيع وتأثرت به كلياً أو جزئياً . إذ أن الخلايا بطبيعتها حساسة قبل الانقسام لقليل من الجرعات الإشعاعية والطريقة التى تحس بها هذه الخلايا للإشعاع حتى يقف نموها تماماً أو يقل بحد معقول هى طريقة معقدة ولا تزال موضع دراسات عدة

فى أكثر معاهد السرطان على أنه من المتفق عليه مبدئيا أن تغييرات فسيولوجية وكيمياوية لابد أن تتم فى الخلايا السرطانية أو فى مخدع الورم أو على الأقل فى جسم المريض عامة عن طريق الإشعاع حتى يتم العلاج .

وليس الكوبلت المشع وحده هو العلاج الكافى أو المناسب لكل أمراض السرطان فهناك نظائر أخرى عديدة يختص كل منها بنوع من السرطان أو أكثر إذ يتم علاج سرطان الدم الأبيض وكريات الدم الأحمر بجرعات من الفوسفور المشع ٣٢ التى أفادت فى حالات كثيرة فقد عرف أن قدرتها على التركيز فى الخلايا المنتجة لكريات الدم مثل نخاع العظم والطحال خارقة. ولذلك فهى توقف فرط إنتاج هذه الأعضاء للخلايا ولذلك يظهر تحسن مقبول على مرضى هذين النوعين من السرطان كما هو متضح فى الحالات التى عولجت .

أما اليود المشع ١٣١ فقد أفاد كثيراً فى علاج سرطانات الغدة الدرقية وثانوياتها ذلك لأن لهذه الغدة مقدرة كافية على امتصاص اليود بشراهة ملحوظة حتى تتشبع وفى هذا النهم خير وفير لمرضى الغدة الدرقية ويتركز هذا اليود فى الغدة وثانوياتها . وبما يرسله من إشعاعات جيمية داخلية توقف تقدم

الخلايا وتكاثرها ويستمر فى عمله فترة تطول عن زمن الانتصاف وربما تصل إلى عشرة أمثاله . ويفضل هذا النوع من العلاج عن الأشعة السينية العميقة ذلك أنه يوقف تكاثر الخلايا السرطانية تماماً فى الغدة وخارج الغدة دون تأثير على الأنسجة المجاورة وقد نجحت طرق علاجه فى أكثر البلاد استخداما له وكذلك فى الجمهورية العربية المتحدة حيث أن استخدامه بدأ منذ سبع سنوات ، وأن مرضاه قد تحسنوا تحسناً كلياً وشفوا تماماً من سرطانات الغدة الدرقية التى لولا اليود المشع لوقفت حجر عثرة فى طريق العلاج . على أن من طرق العلاج الحديثة الجمع بين العلاج بالتشعيع الكلى للجسم والتشعيع الجزئى للورم ويتم التشعيع الكلى بتناول النظير المشع الذى يتخصص فى نوع العلاج مثل الفوسفور المشع أو اليود المشع الذى لا يسلم الجسم كله من إشعاعاته مهما تركزت فى عضو دون آخر وأما التشعيع الجزئى فيتم بواسطة وحدات الكوبلت أو أجهزة الأشعة السينية التى سبق الإفاضة فيها ، على أن هذا النوع من العلاج حديث ولم يستقر الرأى بعد على انتشاره وإلى أن تتم بحوث عدة فى هذا السبيل ويعلن العلماء رأيهم فيه ، نرجو أن يوقف استخدامه مؤقتاً .

ولقد استخدم الذهب الغروى ١٩٨ فى علاج سرطانات لم يتمكن الجراحون من الوصول إليها لكونها كائنة فى أعضاء غائرة وأعضاء دقيقة واستخدام الإشعاعات الخارجية ربما يؤذى الأغشية والأنسجة السليمة المحيطة بالورم نفسه مثال ذلك سرطان المثانة والبروستاتا والرحم وقد اثبت الذهب الغروى نجاحه خاصة إن كان العلاج فى مبدأ المرض وقبل انتشار ثانوياته إذ لا يستطيع المحلول الغروى الوصول إليها وللحقن المباشر بالذهب المشع فائدته . ذلك أن السوائل التى تحويها الأنسجة التى يحقن فيها المحلول لا تقوى على إذابة المحاليل الغروية ولذلك يصل الذهب المشع فى محلوله إلى الورم المراد علاجه دون إذابته وبذلك يكون له مفعوله .

على أنه فوق كل هذه النظائر يقف الكوبلت فى المقدمة ذلك لأن كشفه يعد حتى الآن طاقة خارقة فإن إشعاعاته الجيمية قوية ونسبتها عالية ودرجة اختراقها طويلة كذلك أمكن الحصول عليه على صور مختلفة ذكرنا بعضها منها فى الجدول ٣ تستخدم فى تكوين وحدات علاجية تحوى ما نريد من كميات الكوبلت وتصل حتى ٢٠٠٠ كورى وهو ما يعادل القوة الناتجة من أربعة أرطال من الراديوم الذى عد فى أحد الأوقات

أقوى المصادر لجراحات السرطان وتلك القوة الكبيرة لها فائدة في العلاج مجيدة ذلك أن جرعة العلاج تستغرق دقائق قليلة وبذلك اتسعت ذخيرة معالجي الأشعة التي كانت تقف عند حد أجهزة الأشعة قوة ٢٥٠ كيلو فولت وعلى مر السنين يمكن الحكم على البرنامج العلاجي السليم لوحدات الكوبلت الذي يتطلب الآن مزيداً من الدرس والعناية .

١٢ — الاشعاعات في البحوث العلمية :

لا يمكن للمستخدم للاشعاعات الذرية أن يقوم بعمل تطبيقي إلا إذا كان مفهومه مبنيا على أساس علمي سليم ولذلك تقدمت البحوث العلمية جنباً إلى جنب مع الاستخدامات التطبيقية في الزراعة والطب والصناعة . والبحوث العلمية على الإشعاعات الذرية وتأثيراتها كثيرة متعددة ولا يمكن جمعها في هذا الحديث ولكننا نكتفي بذكر أمثلة منها على سبيل العلم بالشيء ولكن حصرها يتطلب المزيد من الشرح .

وقبل استخدام الإشعاعات في حفظ الأطعمة مثلا نشأت دراسات تبين مدى التأثير الإشعاعي للكوبلت على مكونات هذه الأطعمة . وكان السؤال هل إذا شععت المادة الغذائية فقدت

جزءاً من قيمتها الغذائية وأى نوع من مكونات الغذاء تتأثر. ولهذا السبب أجريت عدة بحوث تبين مدى تأثير إشعاعات جاما على الفيتامينات المتعددة فى البطاطس أو تأثيرها على البروتينات فى زلال البيض أو اللبن أو اللحوم ثم تأثيرها على السكريات المختزلة بأنواعها وخاصة السكريات الأحادية كذلك سكر القصب الذى يكون جزءاً هاماً فى درنات البطاطس ثم قامت دراسات على تأثير الإشعاعات على طعم كل هذه الأغذية وحساب أنسب الجرعات التى تفى بالغرض التطبيقى دون تأثير على الطعم أو الرائحة وجرت بحوث على هذا النمط كانت سبباً فى تقدم العلم وتطوره.

وقبل استخدام الإشعاعات الجيميـة فى علاج الأورام السرطانية أجريت دراسة مستفيضة على تماثيل صنعت من الشمع لجسم الإنسان الكامل أو أجزاء من الجسم تمثل الأعضاء المراد تشعيعها ومثلت الأورام عليها ثم حسبت الجرعات على هذه التماثيل التى يشبه تركيبها التركيب العام للأنسجة واختيرت لهذه الدراسات مواد مختلفة ساعدت إخصائى الأشعة فى حساب أية جرعة لمعايرة جهازه وبذلك سهلت هذه الدراسات مهمة المعالج فى تقنين الجرعات وحسابها قبل البدء فى تطبيقها على أن الدارس لتقدم

العلاج يتولى دائماً وقبل كل عملية علاجية معرفة أثر الجرعة السابقة قبل البدء فى جرعة جديدة ومثل هذا التتبع فى نوعه بحث وبخاصة أن فهم خواص مرض السرطان وأثر الإشعاع عليه لايزالان موضع دراسات متعددة وأن خبرة المشتغلين بالإشعاع فى الضروب المتعددة لا تزال متوقفة على جدية البحث وعمقه فى كل النواحى .

على أنه فى هذا الوقت قامت استخدامات عدة للنظائر المشعة لحل كثير من المشاكل العلمية المعلقة ، ويكفى أن نقول : إن هناك أسراراً عدة ظلت مختفية علينا كشفها استخدام النظائر المشعة .

وبذلك أمكن تخطيط كل العمليات البيولوجية والفسيولوجية التى يضطلع بها الجسم السليم ومقارنتها بشبيهاتها فى جسم العليل مما يسر على الطبيب التشخيص الدقيق ووصف العلاج المناسب مثال ذلك هناك أناس يأكلون الكثير من الطعام ولكن لايبدو على مظهرهم أى دلائل للتقدم وقد لا يفيدهم تعاطى الكثير من المقويات ولذلك رقت المواد الغذائية التى يأكلونها وتتبع الدارس مصيرها منذ امتصاصها من الفم حتى الأمعاء وأمكن اختيار أنواع الغذاء التى يفيد منها الجسم وأيها أكثر افادة

للجسم من غيرها وبذلك رسم الطبيب للمريض طريقا غذائياً سليما .

وما يقال عن الأغذية يمكن أن يقال عن ترقيم الأدوية واقتفاء أثرها للتعرف على خط سيرها وأماكن عملها ومركز تجمعها وتفاعلاتها وإفرازاتها المتعددة وكل هذا عن طريق الترقيم . . والترقيم فى معناه إضافة نظير مشع فى المركب ويسلك النظير فى المركب نفس مسلكه الطبيعى ولا يغير من طبيعة المركب أو سلوكه ويتوقف نوع النظير على الطريقة المستخدمة والغرض الذى تقوم الدراسة من أجله فالكالسيوم ٤٥ نظير يستخدم فى معرفة أهمية أملاح الجير فى بناء العظام ودراسة أمراض الكساح المختلفة فى الأطفال والكبار ، والزنك المشع يستخدم فى ترقيم الأنسولين لمعرفة مدى استجابة مرضى السكر لهذا الهرمون ويرقم الكرتوزون والهرمونات الجنسية بالايدروجين الثلاثى أو الكربون لدراسة مصيرهما .

وترقم الأحماض النووية بالفوسفور المشع أو الكربون لدراسة كيمياء الجرائيم الدقيقة والمسماة بالفيروسات المسببة للانفلوانزا والسعال الديكى والالتهابات المختلفة والحساسية لاستنباط علاج ناجح لها . ويستخدم الصوديوم المشع

والبوتاسيوم لتحديد مدى احتياجات الجسم لهما فى عملياته الحيـوية المختلفة ذلك لأنهما عنصران هامان فى العمليات الفسيولوجية فى الجسم كانتقال الإيونات وانتظام الحرارة وفى هذا الوقت تقوم أبحاث عدة على استخدام الاسترانشيوم المشع فى علاج الرمد الربيعى وأورام العين المختلفة وقد يستخدم مع الاسترانشيوم ٩٠ الكوبلت ٦٠ لتشعيع الأورام فيوقف الاشعاع البـائى للاسترانشيوم التورمات السطحية ويصـل الـكوبلت باشعاعاته الجيمية النفاذة إلى الأبعاد العميقة وأهم هذه النظائر استخداماً للاشعاعات الداخلية فى الجسم الـكوبلت والأيريديوم والذهب الغروى وهى هامة فى أبحاث دراسة سرطان المثانة المتسببة من مرض البلهارسيا المتوطنة وذلك بوضع الـكوبلت فى اسطوانات فى قسطرة ذات بالون قابل للانتفاخ حتى إذا نفخ الجالون انبسطت الثنيات الموجودة فى الغشاء المبطن للمثانة وأخذ المصدر الإشعاعى مركزاً وسطا فى هذا البالون وانبعثت من الـكوبالت اشعاعات عدة فى جميع الاتجاهات داخل المثانة فيصل الإشعاع إلى جميع الأورام السرطانية ومثل هذا النوع من التفـكير وليد تجارب علمية عدة يجدها المعالج فى متناول يده حين يستشير كتبه أو يتتبع نشرات

البحوث المختلفة ، ولقد أسهمت البحوث الأشعاعية فى تنشيط عملية البناء فى الخلايا الحية ومعرفة سر الحياة فيها . فقد أحرز العالم الأمريكى هولاندر نجاحاً باهراً عندما أبان أن زيادة مايبقى على قيد الحياة من البكتريا بعد تعريضها للاشعاع يكون بخفض درجات الحرارة أقل من تلك التى تناسب نموها فى الأحوال العادية . ثم أثبت أيضاً فى نفس البحث أن هناك نوعين متضادين من عمليات البناء يعملان فى وقت واحد .. النوع الأول يعمل على تطوير الإصابة والآخر يعمل على إصلاح التلف . كذلك أثبت هولاندر فى بحثه أن نسبة البكتريا التى تبقى حية تزيد بإضافة مواد غذائية نوعية ثبت باستخدام النظائر أن الفيتامينات التى إن أضيفت إلى الوسط الذى تنمو فيه البكتريا بعد تعريضها للاشعاع آتت هذه النتائج . ولم يكتشف حتى الآن مادة أو عقارا يستعمل بعد الأشعاع لكى ينشط عملية القدرة للكائنات الحية الأكثر تعقيداً على الحياة كالحيوانات الثديية ولو وجدت هذه المواد لكان انطلاقها أجدى أثناء التعرض للاشعاع وأفضل هذه المواد فى هذا المجال لا يزال موضع بحث يحتاج لكثير من الوقت ، وكذلك تجرى من الآن محاولات عدة لكى تمكن الثدييات من الوصول لحالة الشفاء وذلك باستبدال عضو

صحيح مكان عضو تالف أو ما يسمى بزرع الأنسجة . وقد نجحت هذه التجارب أكبر نجاح وأمكن إثبات ذلك عن طريق التجارب التى صممت للكشف عن السبب الذى من أجله كان تعريض الجسم للأشعاع أكثر خطورة من تعريض جزء من الجسم فقط ، ولقد أبان البحث أن المقاومة تزيد إذا حجبت بعض أعضاء تكوين الدم عن التعرض للإشعاع مثال ذلك النخاع العظمى أو الطحال . وتدل التجارب أيضاً أن زرع الطحال بعد الإشعاع يزيد فرصة الجسم للحياة وقد حدث ذلك بالفعل فى عملية ترقيع الأنسجة بين الحيوانات التى ترتبط ارتباطاً وثيقا وقد نجحت بالفعل ، ومن المعروف أنه فى جراحة التجميل لا يستعمل إلا جلد المريض نفسه إذ لا يفيد معه جلد إنسان آخر ويستثنى من ذلك حالة التوائم المماثلة حيث يكون التبادل بينهما تاماً وممكنا ولقد كان من الضرورى إذن أن تجرى تجارب استبدال الطحال على سلالة كاملة مولدة من الفئران وذلك لأنها تعتبر جميعها متشابهة شأنها شأن التوائم المتشابهة ، ويظهر لأول وهلة أن هذه التجارب كانت بادىء الأمر ذات أهمية أكاديمية غير تطبيقية إذ لا يمكن إيجاد مادة مولدة فى حيوانات التجارب كالفئران تصلح لعلاج الإنسان ، أما الخطوة التالية فكانت البحث

عما إذا كانت تلزم لتحسين استرجاع حالة الشفاء أن يستبدل العضو بأكمله أو نستعمل حقنة من محلول يحتوى على خلايا معلقة مأخوذة من طحال لم يعرض بعد للاشعاع وقد سجلت هذه المحاولات فى مجموعها نجاحاً باهراً وأدت الخطوات العملية فيها إلى الشفاء التام من جرعة إشعاعية مميتة وذلك بإجراء العلاج بعد التعرض للإشعاع على أنه من الممكن استبدال خلايا الطحال بخلايا نخاع العظام إذ تفوق الأخيرة خلايا الطحال فى بعض النواحى الحيوية ومن إجراء هذه البحوث تبين أن هناك علاجا أمكن للبحث كشفه ، يصلح لتحسين حالة الشفاء من أمراض الإشعاع التى نذكر عنها نبذة فى مكان آخر كما أن فائدته تتعدى دائرة علاج إصابات الإشعاع. و بتحديد نوع التفاعلات الكيميائية التى تسببها الإشعاعات المؤينة والطرق التى تتحول بها الطاقة إلى تغيرات كيميائية يستطيع الكيميائى أن يلعب دوراً هاما فى فهم التأثيرات الحيوية للإشعاعات المؤينة ليفيد المعالج فى تتبع تقدم صحة مريضه .

وفى قدرة إخصائى الكيمياء الإشعاعية الذى يتناول الكثير من هذه البحوث ، أن يلقى الضوء على التغيرات الكيماوية الناتجة بالأجهزة غير الحيوية وبذا نستطيع أن نجد اتجاهاً جديداً

يقربنا من دراسة المشكلة من كل وجهات النظر المختلفة .

وبالإضافة إلى ماسبق شرحه من دور الكيمائى فى التطبيقات الحيوية تغيرات كيمائية ذات أهمية عملية أصبحت الآن هامة للتطبيقات الصناعية مثال ذلك تعديل خواص اللدائن بتعريضها للإشعاع أو كشف مشتقات البترول أو تشعيع مادة صلبة لدراسة خواصها وتقدير عناصرها للتحليل الإشعاعى أو تقدير جرعات الإشعاع ومعايرتها بالطرق الكيماوية المختلفة إلى جانب الأجهزة الحساسة الالكترونية .

١٣ — الإشعاعات فى الصناعة :

تستخدم الإشعاعات المؤينة فى أغراض كثيرة من التطبيقات الصناعية نعرض فيها ما هو متداول الآن . ومن هذه التطبيقات تعريض اللدائن المختلفة للإشعاعات فيما يسمى بصناعة اللدائن (وهو ما يشبه البلاستك اللدن) وذلك للحصول على أنواع مختلفة الألوان منها . ويؤثر الإشعاع فى تلوين هذه اللدائن فى أكثر من طريق بإعادة ترتيب أجزائها . وقد يسبب التشعيع إلى جانب التلوين تليين اللدائن الصلبة أو زيادة صلابة اللين فيها وبذلك يدخل على صناعة اللدائن خواص جديدة لم تكن

معروفة من قبل ، ولقد كانت الولايات المتحدة الأمريكية أول البلاد التى تقدمت فى هذه الصناعة فأدخلتها فى صناعة الأثاث ومواد البناء وأدوات المعامل واجهزة الطب وأنابيب المياه وأجهزة الراديو والتليفزيون ولا يكاد يخلو مرفق من مرافق الحياة من أجهزة كونت جميعها أو أجزاء منها من اللدائن الرخوة أو الصلبة ، واللدائن تصنع من مواد كيميائية تستخلص من فضلات صناعة البترول والفحم وتختلف صناعتها باختلاف ترتيب الجزيئات المركبة لهـا ولقد كان للإشعاع الجيمى فضل كبير على تقدم هذه الصناعة وتأثير الإشعاع على هذه الجزيئات هو تغيرات كيميائية وطبيعية تعترى المـادة فيظهر أثرها سريعاً على الشكل الظاهرى والخواص الطبيعية للمـادة المشققة .

ويلى ذلك فى الأهمية استخدام المصادر المشعة كالكوبلت والسزيوم والإيريدم فى عملية تصوير الإشعاع لاختيار أجزاء الآلات التى يتعذر كشف عيوبها بالعين المجردة أو الطرق العادية ويتم التصوير الإشعاعى فى الآلات باستخدام النظير من جانب الآلة التى يراد كشف تلفها أو تآكلها أو أماكن تصدعها أو التوائها وفى الجانب الآخر يوضع فيلم حساس لمدة أقل من دقيقة ثم يظهر الفيلم ويثبت ويرى موضع الكسر أو الالتواء

شفافا أو أسود حسب الصورة المأخوذة ، ذلك أن التأثير الإشعاعى يشبه تأثير الضوء على الفيلم وبذلك يكشف الخلل فى الماكينة أو الآلة كما تستخدم الأشعة السينية فى كشف كسر العظام أو شروخها أو معرفة حصوات الكلى والمثانة والمرارة ، والذى به موطن الداء فى أجزاء الجسم المختلفة مما لا يتيسر لنا كشفه بالوسائل العادية أو الفحص النظرى وقد أمكن استخدام التصوير الإشعاعى فى تطبيقات عدة فى الصناعة كاختبار أنابيب المياه والزيت وذلك يوفر حشد عمال كثيرين فى مثل هذه العمليات بالطرق القديمة وبهذا يمكن لعمال شركات المياه والغاز القيام بعمليات الإصلاح فى مكان الكسر دون بحث أو جهد كثير عند تحديد المكان .

كذلك تستخدم المصادر المشعة فى اختبار سمك الألواح المعدنية والصفائح والأوراق والحرائر وسمك المواد التى تطبع على الأقمشة وذلك بوضع مصدر مشع فى ناحية الألواح المختبرة وعداد الكترونى فى الناحية المقابلة ويستمر العداد مسجلا قراءات ثابتة كلما كان السمك متجانساً وتحيد القراءات إذا اختلف السمك .

وتستخدم المواد المشعة فى عمليات تكرير البترول الخام لمعرفة المركبات المختلفة فى العينات المستخرجة وذلك بوضع

سدادة من مادة مشعة قصيرة العمر بين كل مركب وآخر وتوضع عدادات من خارج الأوانى وعلى طول الأنابيب للتعرف على الفواصل بين المركبات وعند مرور السدادات تحت العدادات يمكن معرفة كهون المركبات . دون الحاجة إلى عملية تفريغ جزء من المركب لتحليله وعندما تمر الفواصل المشعة على العدادات الالكترونية تتحرك المضخات أتوماتيكيا تدفع كل مركب فى الاتجاه المخصص له .

وقد يسرت النظائر المشعة كشف تآكل المعادن أو الآلات أو الأفران الخاصة بالصهر وأمكن بواسطتها معرفة ارتفاع السائل فى الأوانى المستخدمة للصهر دون كشف الأوانى . وأدخلت النظائر فى صناعة مساحيق التجميل التى تحتاج درجة نقاوتها فى طبقات الجلد السطحية إلى اختبارات . وتستعمل النظائر فى صناعة الجواهر والحلى وفى طبع الصور الثمينة واللوحات الزيتية التى يرسمها كبار الفنانين وعلى العموم فإن النظائر قد أدخلت فى ميدان الصناعة خدمات جليلة لا يستطيع المرء حصرها .

أمراض الإشعاع

إن كان للاشعاع فوائد جمة منها علاج السرطان فإن للاشعاع أيضاً يداً فى تسبب أمراض السرطان وقد كان الطريق لمعرفة هذا السبب ما خلفته قذائف القنابل الذرية من مرضى مشوهين بأورام سرطانية مختلفة ولذلك يجب أن يحرص المشتغلون بالمصادر الاشعاعية على ألا يتعرضوا لجرعات زائدة عن الحد أثناء اشتغالهم بالاشعاع ونعرض هنا لبعض المشاهدات لأمراض الاشعاع أو ما يسمى بالاعتلال الاشعاعى .

والثدييات عامة شديدة الحساسية للاشعاع لكن هناك تفاوتاً بيناً فى درجات حاسيتها للاشعاع ويبين الجدول ٤ مقاومة الثدييات المختلفة من حيوانات التجارب لجرعات الاشعاع متخذين فى القياسات ما يسمى بالجرعة القاتلة لنصف عدد الحيوانات بعد تعريضها لمدة شهر ويختصر هذا الاصطلاح بالرمز ، ح . ق ٥٠ ٪ — ٣٠ يوماً والسبب فى اختيار نصف الجرعة هو أنه فى كل مجموعة اختلاف فى المقاومة فبعض الحيوانات تموت بسهولة أكثر من غيرها وهناك حيوانات أكثر صعوبة فى التأثير بالاشعاع

ولذا فهي ذات مقاومة شديدة ويبين الجدول ٤ هذه المقاومات .

جـــدول ٤

اسم الحيوان	مقدار الجرعة	ج.ق – ٥٠٪ – ٣٠ يوماً
أرنب هندى	٢٠٠ — ٤٠٠	رونتجن
خنزير	٢٧٥	»
كلب	٣٢٥	»
عنزة	٣٥٠	»
قرد	٥٠٠	»
فأر أسود	٤٠٠ — ٦٠٠	رونتجن
فأر البينو	٦٠٠ — ٧٠٠	»
هامستر	٧٠٠	رونتجن
أرنب	٨٠٠	»

ولا يوجد رقم مطلق بين هذه الارقام فهي تعتمد على الفصيلة التى ينتمى إليها الحيوان فهناك فيران ربيت بطريقة خاصة لتكون مرتفعة المقاومة للاشعاع أومنخفضة — والجرعة القاتلة

قد تختلف بين الفصائل بقدر قد يصل إلى ٣٠٪ وهناك عوامل أخرى لهـا تأثير بسيط على الحساسية للاشعاع الجيمى وقد وجد بالتجارب أن بعض الحالات تتحمل فيها الأناث قدراً من الاشعاع أكثر من الذكور بمقدار يصل إلى ١٠٪ .

كما أنه ثبت أن وزن الجسم له تأثير طفيف جداً رغم أن القدر الـكامل الذى يستنفد من طاقته جرعة معينة من الاشعاع يتناسب طردياً مع وزن الحيوان ولذلك فإن الطاقة التى يكتنزها الحيوان البدين أكثر من التى يخزنها الحيوان النحيف والتقدم فى السن يقلل كثيراً من المقاومة للاشعاع وعلى هذا فإن الجرعات الصغيرة من الاشعاع تحدث شيخوخة مبكرة .

ولو عرضنا هذه الحيوانات للاشعاع عند الدرجات المنخفضة فإنها تقاوم الاشعاع حتى بعد تدفئتها ويمكنها أن تتحمل ضعفين أو ثلاثة أضعاف من الجرعة القاتلة فى الحالة الطبيعية والسبب فى ذلك يرجع إلى أن أنسجتها فقيرة فى الأكسجين عند درجات الحرارة المنخفضة وهذا يحمى من الاشعاع .

وللأسباب الواضحة يصعب الحصول على إنسان لإجراء هذه

التجارب فقد بات من المستحيل إجراء تجارب دقيقة على الإنسان إلا أنه أمكن استنتاج القدر المطلوب من نتائج الاصابات التى نتجت عن التفجيرات الذرية فى هيروشيما وفى نجازاكى . إذ أمكن من هذه الإصابات وضع تقارير مرضية لشدة الاشعاع على مسافات مختلفة من مركز التفجير كما أمكن حساب الجرعات التى تعرض لها الأشخاص فى المناطق المختلفة ولقد كان معظم الاصابات نتيجة لموجة الضغط والحروق المخيفة الناجمة من الحرارة الشديدة المنبعثة من التفجير وقد أمكن الحصول على معلومات عن تأثير الاشعاع الجيمى من الضحايا الذين نجوا من الموت وفى هذا قد يتبين أن الإنسان يقع فى حساسية بين الماعز والفأر فى مقاومته للاشعاع وحساسيته تعادل بالتقريب حساسية القرد للاستجابة للاشعاع .

وتلخص فى جدول ٥ أعراض الاعتلال الإشعاعى الناتجة من المشاهدات التى لوحظت فى انفجارات هيروشيما ونجازاكى التى أصابت اليابانيين وأعطت هذه التجارب ما هو مدون فى الجدول :

جـــدول ٥

الزمن عقب التعرض	٦٠٠ رونتجن (جرعة قاتلة)	٤٠٠ رونتجن (جرعة قاتلة للنصف)	٢٠٠ رونتجن (جرعة متوسطة)
	غثيان وقىء بعد ساعتين	غثيان وقىء بعد ساعتين	
الأسبوع الأول	لا توجد أعراض محددة		
الأسبوع الثانى	اسهال وقىء ــ التهاب فى الزور ــ هزال سريع ــ يؤدى إلى الموت ١٠٠٪	لا توجد أعراض محددة	
الأسبوع الثالث		يبدأ الشعر بتساقط ــ فقد الشهية ــ إحساس عام بالاعتلال ــ حمى ــ وشحوب فى اللون ــ موت فى ٥٠٪ من الحالات	سقوط الشعر فقد الشهية التهاب فى الزور شحوب فى اللون لا يحدث وفيات

ويمكن القول بان التعرض للاشعاع المؤين مضر ولكنه بالنظر إلى الإشعاع القاعدى العام يجب ألا يبالغ المرء فى أهمية التعرض للجرعات الصغيرة من الإشعاع وذلك فإن اخصائى الأشعة يجب أن يحافظ بألا يعرض نفسه لجرعات أكبر من الإشعاع القاعدى وذلك ببقائه وراء حواجز واقية وارتداء الملابس الواقية أيضاً وربما كان التعرض لضوء الشمس مدة طويلة يؤذى الجلد فيسبب له سرطانا سطحيا وهو ظاهر بين الناس الذين يعملون فى الخلاء ولذا فإن العلاج بالإشعاع لا ينكر فضله ولا تهمل فوائده وإن إنكار المنافع الضخمة للطاقة الذرية ليس الجواب عن مشكلة الخطر الناتج من ازدياد بسيط فى الإشعاع القاعدى نتيجه استخدام تلك الطاقة وهذا يقود إلى التفرقة بين جرعة الإشعاع التى تعطى فى فترة قصيرة نسبياً وبين التعرض المزمن للإشعاع ، ولما كان الجسم يظهر قدرته الملحوظة على الافاقة من الإشعاع ، فإن الجسم يمكن أن يتحمل جرعات صغيرة متكررة من الإشعاع لو أعطيت خلال فترة قصيرة أو على دفعة واحدة لسببت الموت .

وعملية الافاقة من تأثير الاشعاع تستغرق عدة ساعات فلا فرق هناك بين جرعة قدرها مثلا ٦٠٠ رونتجن أعطيت

فى دقيقة واحدة بمعدل ٦٠٠ رونتجن فى الدقيقة وأخرى أعطيت فى ساعة كاملة بمعدل ١٠ رونتجن فى الدقيقة ، ومع ذلك لو خفض المعدل إلى رونتجن واحد فى الدقيقة فإن أعراض الاشعاع تقل كثيراً عن الجرعة القاتلة خلال شهر تزاد بذلك على الضعف وإن خفضنا معدل التشعيع أكثر من ذلك إلى رونتجن واحد فى الساعة فإن الانسان يتحمل ذلك إلى مدد طويلة على أن هذا لا يبعد احتمال تأثير دورانى لا يتوقف حدوثه على معدل التعرض للإشعاع ، إذن فكمية الجرعة وتتابعها أمر هام فى حدوث العلة .

الوقاية من الإشعاع

قديماً قيل الوقاية خير من العلاج وإن انطبق هذا المثل على قليل أو كثير من الأمراض فإنه خير ما يطبق على الوقاية من الإشعاع — ولقد عرضنا لاستخدام الإشعاع فى الطب وعرفنا أنه يجدر بنا الحذر من أن نستخدم جرعات العلاج . ثم أفردنا باباً خاصاً لمرض الإشعاع وسميناه بالاعتلال الإشعاعى لما لهذا المرض من ضرر ولقلة الأمل فى شفائه وكل هذا يقودنا إلى أن الإشعاعات لها تأثير ضار على الخلية ومكوناتها وكان لابد من حماية هذه الخلية أو علاجها مما يصيبها إن تعرضت لإشعاع زائد عن طاقتها .

ولم يكن فى يد المعالج ولا علمه أى إمكانيات ليصف العلاج . ذلك أنه حتى وقت قريب لم يكن ليعلم أحد كيف تؤثر الإشعاعات المختلفة على الأعضاء المعقدة فى الجسم وما هى الأدوار المتشابكة التى تلقيها الدراسات على تأثير الإشعاعات وزاد الأمر تعقيداً أنه لم يوجد للآن نظرية أو تفسير علمى يشرح استخدام الجرعات الصغيرة فى الإشعاع إلى حد وقف انقسام الخلايا

أو قتل أنواع من الخلايا الفردية فى عضو معين ولا السبب فى الموت الفورى بعدالتعرض للإشعاع الشديد أو الجرعة القاتلة .

وحجر الزاوية فى حل هذه المشاكل هو الكشف أولا عن العمليات الدقيقة التى يسببها مقدار ضئيل من الطاقة فى الحد من نشاط الخلية دون أى تغيير كيميائى فى مكوناتها .

أما المظاهر الفيزيائية للاشعاعات من حيث نوع هذه الاشعاعات وكمها وقوتها وخطورة أنواعها وترتيب درجة خطورة إحداها عن الأخرى فهذا أمر مفهوم فمثلا الاشعاعات الجيمية أشد حرقاً للأنسجة وأكثر نفاذاً ولذا فهى تفوق الأشعة البائية فى ضرر الاختراق وعدم توقفها على السطوح المشعة يفيد فى علاج الأجزاء الداخلية للجسم . والأجسام الألفية ذات تفاعل كثيف لثقل وزنها ومن هنا تنشأ خطورتها والنيوترونات أشد كل هذه الجسيمات خطراً لأن وزنها ثقيل ودرجة نفاذها قوية .

وفى السنوات العشر الأخيرة قامت دراسات متعددة أمكن بواسطتها معرفة التأثيرات الكيمياوية الحيوية التى تنشأ عن الاشعاعات وخاصة طبيعة التأثير بين المباشر وغير المباشر والتى تقدم بها الأسس الحرة ذات النشاط المرتفع والتى يتولد عنها

جزيئات ومركبات جديدة فى الجملة لها مسلك جديد يختلف عن الأسس الحرة التى نشأت لتكونها ، ولمعرفة دراسة معينة فى الخلية يتحتم عـزل جميع مكونات الخلية أولا وإجراء التجارب عليها الواحدة تلو الأخرى لتحديد التأثير الاشعاعى على مكوناتها ، ولقد قام بتلك المحاولات نفر من العلماء فى حالات كثيرة .

أما كيف تقوم الكيمياويات بدور الوقاية فهى تعتبر ترياقا بالنسبة للتسمم ذلك أن المواد الواقية تعيد تركيب بعض الجزيئات الحيوية أو الخمائر التى حينما يتلفها الاشعاع تقل مناعة الجسم ، ولقد دلت التجارب على أن السستين وهو أحد الأحماض الأمينية له القدرة على أن يعيد بعض هذه الخمائر إلى حالتها الطبيعية بعد أن تكون قد فقدت نشاطها بواسطة الاشعاع ، وعلى ذلك فإن الخمائر هى التى تفيد فى عملية الوقاية الكيمياوية .

وعلى الرغم من كثرة الأبحاث التى أجريت حتى الآن فقد وجد أن المواد الواقية لا تزال محدودة الفائدة ويبدو جليا أن العلم لم يهتد بعد إلى الخطوة المناسبة التى عندها يجب أن تتدخل المواد الواقية فى وقف خطر الاشعاع ، والحل الوحيد أن يكون عندنا كيمياويات تعمل على إصلاح أو إعادة بناء بعض المراكز

الحيوية التى تتلف بالاشعاع وهذه هى المرحلة التى لم يصل فيها العلم إلا إلى النذر البسيط ، وإلى أن يجىء الوقت الذى نتعرف فيه على طبيعة هذه المراكز الحيوية فإنه قد يكون من المستطاع الوصول إلى الوقاية الكاملة .

وإلى أن يتحقق هذا الأمل يجب أن نتقى ضرر هذا الإشعاع ونحسب له حسابه .

مطابع دار القلم بالقاهرة